











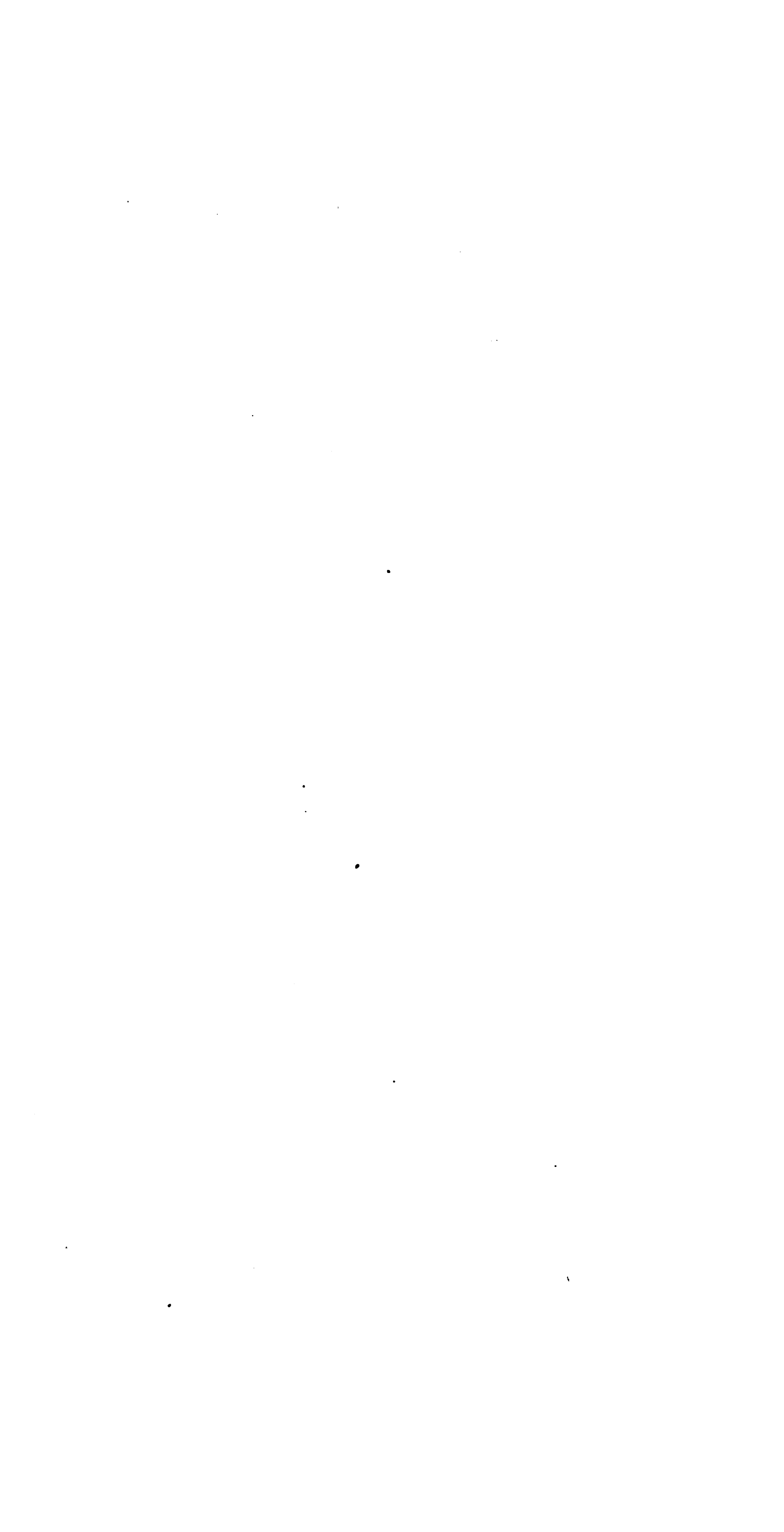
GESCHICHTE

DER

ATOMISTIK.

2

ZWEITER BAND.



GESCHICHTE

DER

ATOMISTIK

VOM MITTELALTER BIS NEWTON

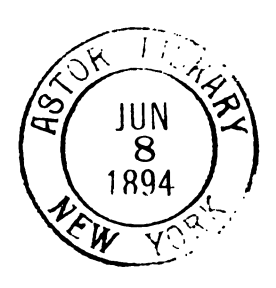
VON

KURD LASSWITZ.

ZWEITER BAND.

HÖHEPUNKT UND VERFALL DER KORPUSKULARTHEORIE
DES SIEBZEHNTEN JAHRHUNDERTS.

HAMBURG UND LEIPZIG,
VERLAG VON LEOPOLD VOSS.
1890.



Druck der Verlagsanstalt und Druckerei Actien-Gesellschaft
(vormals J. F. Richter) in Hamburg.

Inhalt.

(Diejenigen Kapitel, welche hauptsächlich systematischen Inhalts sind, wurden durch * ausgezeichnet.)
Nähere Nachweise geben die Kolumnentitel und das dem zweiten Bande beigefügte Sach- und Namenregister.

Viertes Buch.

Die naturwissenschaftliche Vollendung der Korpuskulartheorie.

Seite

Fünftes Buch.

Der Übergang zur dynamischen Theorie der Materie.

ANHANG.

Drittes Buch.

Die Philosophen der Korpuskulartheorie.



Erster Abschnitt.

Der neue Begriff der Bewegung.

1. Die Bewegung als intensive Realität.

Die antike Atomistik hatte aus der sinnlichen Erscheinung den Begriff der unveränderlichen Atome als die beharrenden Substanzen gelöst; sie hatte in der räumlichen Ansammlung und Scheidung derselben die kausale Erklärung der Phänomene versucht. Trotzdem war sie von der Theorie der substanzialen Formen besiegt und aus dem wissenschaftlichen Bewufstsein verdrängt worden. Wenn jetzt ihrerseits die korpuskulare Theorie der Materie sich anschickte, die Lehre von den substanzialen Formen zu beseitigen und durch Besseres zu ersetzen, wenn dies in der modernen Naturwissenschaft in der That gelang, so mufs es im Beginn der neuen Epoche des wissenschaftlichen Denkens einen Faktor geben, welcher im Altertum fehlte. Eine neue That des Denkens, zu welcher auch die gröfsten Geister des Altertums sich nicht aufzuschwingen vermochten, mufste geschehen, um das Werk DEMOKRITS zu vollenden und über das des ARISTOTELES zu erheben. Diese That war die Schöpfung einer neuen Wissenschaft, der Mechanik, als der Wissenschaft von der Energie der Bewegung.

Der Grund, weshalb die antike Atomistik unterlegen war, beruhte auf ihrer Unfähigkeit, den kausalen Zusammenhang der Atome wissenschaftlich darzustellen; und die Ursache hiervon war, dafs sie den Begriff der Bewegung nicht zu bewäl-

tigen vermochte. Der Unterschied des modernen und des antiken Bewegungsbegriffs läfst sich, soweit dies bei einem so vielfach verzweigten Vorstellungskomplex überhaupt in einer abschliefsenden Formel möglich ist, dahin präzisieren, dafs dem Altertum der Energiebegriff fehlte. Wir verstehen unter Energie diejenige quantitativ ausdrückbare Eigenschaft des bewegten Körpers, vermöge deren er mit demjenigen Realitätsgebiete zusammenhängt, das durch die sinnliche Empfindung bezeichnet wird. Der moderne Ausdruck „Energie“, welcher mathematisch als das halbe Produkt aus der Masse und dem Quadrate der Geschwindigkeit definiert wird, ist nur eine der Formen, unter welchen das Intensive, das eigentlich Reale der Bewegung, sich begrifflich darstellen läfst. Da er in der gegenwärtigen Naturwissenschaft die hervorragendste Rolle spielt, so eignet er sich am besten, das Wesen der Bewegungsrealität zu repräsentieren und die phoronomische von der dynamischen Bewegung zu unterscheiden. Diese Unterscheidung ist das Merkmal der modernen Wissenschaft. Die gesamte Bewegungslehre des Altertums ist ihrem Wesen nach phoronomisch; die räumliche Bewegung ist lediglich Ortsveränderung und hat keinen intensiven Charakter. Allerdings sollen die Atome Demokrits Wirkung ausüben, sie stofsen aufeinander und erzeugen dadurch die Wirbel der Weltentstehung. Aber diese Wirkung tritt aus dem Charakter des Phoronomischen nicht heraus, sie bleibt lediglich Ortsveränderung der Substanzen in dem ideellen Anschauungsfelde eines stillschweigend hinzugedachten Zuschauers. Die Realität wird gegründet auf die Substanzialität der unveränderlich gedachten Atome, nicht auf die Gesetzlichkeit der Bewegung. Die Bewegung der Atome ist nur Verschiebung von Raumteilen; der Unterschied der erfüllten Raumteile vom Leeren liegt nicht darin, dafs erstere bewegt sind, sondern darin, dafs sie Substanz sind. Dafs der bewegte Körper sich von dem ruhenden noch durch etwas andres unterscheidet, als durch den Wechsel der Lage, dafs in ihm jene intensive Realität steckt, welche in der Empfindung des Andrangs sinnlich wahrgenommen wird, scheint dem Altertum nicht zum wissenschaftlichen Bewufstsein gekommen zu sein.

Auch bei Aristoteles hat die Bewegung keine gröfsere Selbstständigkeit gewonnen. Sie bedeutet den Übergang von

der Möglichkeit zur Wirklichkeit. Aber nicht in ihr liegt die Erzeugung der Wirklichkeit, sondern in dem Zwecke, welcher als Form auftritt und Realität verleiht. Insofern die Bewegung räumlich ist, bleibt sie auch nur Verschiebung im Gesichtsfelde. Ohne die bestimmende Form kommt ihr keine selbstständige, Realität schaffende Bedeutung zu.

So lange die Bewegung rein phoronomisch ist, mufs die Abstraktion von dem Verlaufe in der Zeit unter dem Denkmittel der Substanzialität den Begriff der Bewegung zerstören. Der fliegende Pfeil ruht in jedem Punkte seiner Bahn. Die phoronomische Bewegung bedeutet, dafs die Lage eines Körpers, relativ zur Lage andrer Körper, im Verlaufe der Zeit sich ändert; sie schliefst also den Zeitverlauf selbst ein. Indem man den Zeitverlauf aufhebt und einen bestimmten Zeitpunkt fixiert, hebt man den Begriff der Bewegung zugleich auf. Es scheint daher, als sei diese Abstraktion nicht statthaft, und dennoch ist sie unvermeidlich. Denn um verschiedene bewegte Körper, die Atome eines ganzen Systems, gegenseitig in Beziehung zu setzen und den Zustand des Systems begrifflich zu erfassen, mufs man sie in ein und demselben Augenblick betrachten. In diesem Augenblicke aber ist die Veränderlichkeit verschwunden, das starre Sein der Ruhe ist eingetreten, von der Bewegung ist nichts geblieben. Im Zeitmoment unterscheidet sich die phoronomische Bewegung durch nichts von der Ruhe, wenn es nicht gelingt, die Tendenz im Begriffe zu bewahren. Nun gibt es aber einen Unterschied der im Zeitmoment erfafsten bewegten Körper von den ruhenden, eine Realität der Bewegung, welche die Abstraktion von der Zeit nicht aufzuheben vermag. Diese Realität ist in der Phoronomie nicht vorhanden; sie besteht in der dynamischen Wirkungsfähigkeit der bewegten Körper. Der bewegte Körper, in seiner Bewegung im Moment aufgehalten, unterscheidet sich wesentlich vom ruhenden Körper; aber allerdings durch kein räumlich-zeitliches Zeichen, durch keine extensive Gröfse, welche von der Abstraktion vertilgt wird, sondern durch eine intensive Gröfse, deren Zeichen die Empfindung seines Andrangs ist. Die thatsächliche Bewegung der Körper enthält nicht blofs die Eigenschaft, Lageveränderung zu sein, sondern auch diejenige, Wirkung auszuüben; sie enthält in sich ein intensives

Moment, welches als eine Thatsache der Wahrnehmung erkannt wird. Diese Thatsache der Wahrnehmung als eine Tendenz zur Wirkung in einem Begriffe zu fundamentieren, um sie der Erkenntnis zu unterwerfen und in das Gebiet der objektiven Wirklichkeit, d. h. des gesetzlich Erkennbaren einzureihen, das war die Aufgabe der neuen Wissenschaft. Betrachten wir ein rasch rotierendes Vollrad; wir vermögen, wenn nicht äufserliche Mittel der Beobachtung zu Hilfe kommen, durch den Augenschein nicht zu unterscheiden, ob es sich bewegt oder stillsteht; denn hier ist das Zeichen der phoronomischen Bewegung, die Lageveränderung, aufgehoben; erst wenn wir andre Körper mit ihm in Berührung bringen, werden wir die Energie der Bewegung konstatieren. Etwas Ähnliches, wie die Rotation des gleichmäfsig gestalteten Körpers für unser Auge, leistet die Abstraktion des Denkens; sie hebt die Merkmale der phoronomischen Bewegung, die Lageveränderung in der Zeit, auf, und die Bewegung ist nicht mehr von der Ruhe zu unterscheiden, wenn nicht das Bewufstsein der in der Bewegung steckenden Energie vorhanden ist. Dieses aber kann bestehen bleiben, wenn auch die Betrachtung der Bewegung auf den Zeitmoment reduciert wird. Das ist die Aufhebung der eleatischen Bewegungsantinomie: Nehmt alles fort, was die Lageveränderung definiert; im bewegten Körper bleibt noch ein Etwas, eine Realität, die von der Zeit unabhängig ist: das Intensive der Bewegung, welches ein bestimmtes Gesetz der Wirkungsfähigkeit enthält. Bewegung is eine selbständige Realität. Sie ist diejenige Realität, in welcher die Empfindung mit den rationalen Elementen der Erfahrung zusammenhängt. Sie ist daher derjenige weltrealisierende Faktor, welcher Denken und Sinnlichkeit verbindet, und dessen Entdeckung gestattet, die Empfindung in das Gebiet der wissenschaftlichen Erkenntnis einzuführen. Diese selbständige und intensive Realität der Bewegung aufzuspüren und begrifflich zu erfassen, sehen wir nunmehr die Denker im Beginne der Entwickelung der Naturwissenschaft bemüht. Es handelt sich um die Erzeugung eines neuen Denkmittels, welches jene Erfassung der Realität der Bewegung gestattet, des Denkmittels der Variabilität (vgl. I. S. 270—273).

Wie die wissenschaftliche Thatsache der antiken Geometrie

zum Weckmittel der Erkenntnis überhaupt wurde, weil sie Zeugnis dafür gab, daſs ein objektives Begriffssystem existiert, so wurde die wissenschaftliche Thatsache der modernen Dynamik der Ausgangspunkt für eine Methode des Denkens, diejenigen Erscheinungen der Erkenntnis zu unterwerfen, welche sich in die Starrheit der Substanzialität nicht fassen lieſsen. Am Begriffe des intensiven Charakters der Bewegung enthüllte sich die Kraft desjenigen Denkmittels, welches das Kontinuitätsproblem überhaupt zu bewältigen vermochte. Die Dynamik zeigt nur einen speziellen Fall des Kontinuitätsproblems, aber denjenigen, an welchem dasselbe mit der sinnlichen Veränderung unmittelbar zusammenhängt. Auch die reine Mathematik, sowie die Phoronomie haben es mit der Einreihung des Kontinuums unter den Gröſsenbegriff zu thun; an der Dynamik jedoch bemerkte man zuerst, daſs die Beherrschung des Kontinuums einen Begriff verlange, welcher im Moment noch die Tendenz der Fortsetzung enthält; denn hier war diese Tendenz an dem sinnlichen Merkmal der Wirkungsfähigkeit erkennbar. Indem hier unter Aufhebung der Extension noch eine intensive Gröſse *auch sinnlich* sich vorfand, zeigte sich der Weg, ebenso in den andern Fällen des Kontinuums nach derjenigen Realität zu forschen, welche als Gesetz der Fortsetzung die Bedingung der Extension ist. Als solche fand sich an der Kurve die Richtung, und wieder als Merkmal der Richtungsänderung die Krümmung; an der phoronomischen Bewegung die Geschwindigkeit, und wieder als Merkmal der Geschwindigkeitsänderung die Beschleunigung. Diese Begriffe konnten als Gröſsen nur definiert werden, indem man durch das Denkmittel der Variabilität das Element des Kontinuums als seine Bedingung fixierte. Ein solches Element ist eine Qualität; als Gröſse aufgefaſst ist es keine endliche Gröſse, sondern der *Beginn* einer solchen und wird als *Grenze der Gröſse* oder als unendlich kleine Gröſse bezeichnet, als Differenzial. Das Differenzial ist das mathematische Zeichen für die Auffassung des Kontinuums als Gröſse vermittels des Denkmittels der Variabilität. Darum war die Schöpfung der Dynamik die Vorbedingung zur Erfindung der Differenzialrechnung.

Weil die Lösung des Kontinuitätsproblems daran gebunden war, daſs im Element des Kontinuums die reale Bedingung

desselben erkannt, und zwar als Gröſse erkannt werde, und weil diese Gröſse nicht wieder eine endliche, sondern eine unendlich kleine als Grenzwert der Extension sein muſste, so hängt die gesamte Frage nach der Realität der Veränderung und der Möglichkeit der Naturwissenschaft aufs engste mit den Fortschritten zusammen, welche die Bewältigung des Begriffs des Unendlichkleinen machte. Daher herrscht schon bei CUSANUS wie bei BRUNO dieser Zug, Realitäten im Unendlichen zu suchen, und das gesamte Streben nach korpuskularer Auffassung der Natur kann betrachtet werden als innerlich bedingt durch ein Forschen nach der Realität im sinnlich nicht mehr Wahrnehmbaren. Aber die metaphysischen Neigungen muſsten unfruchtbar bleiben, wenn nicht Mathematik, als die Wissenschaft der Gröſse, zugleich den Begriff des Unendlichkleinen zugänglich machte und vom Indivisiblen der Scholastik zum Infinitesimalen als dem erzeugenden Moment des Kontinuums überführte. Solche freiere Beherrschung des Unendlichkleinen kann man bei KEPLER[1] und bei CAVALIERI (1598—1647)[2] finden. Wir haben in dem Abschnitt über ARCHIMEDES (s. I. S. 179) auseinandergesetzt, daſs es sich um einen neuen Begriff der Gleichheit handele, indem diejenigen Gröſsen als gleich zu erachten sind, welche nach demselben Gesetze erwachsen, und daſs dieses Gesetz in den unendlich kleinen Elementen quantitativ zu bestimmen ist. KEPLER schaltet bereits in einer Art intuitiven Vertrauens mit dem Unendlichkleinen als Grenzwert; er zerlegt den Kreis in unendlich viele Dreiecke, die Kugel in unendlich viele Pyramiden, behält aber dabei im Auge, daſs diese Elemente ihren Sinn nur bewahren, so lange man sie als Erzeugungselemente der bestimmten Figur betrachtet. Auch CAVALIERIS Methode gründet sich auf die synthetische Erzeugung der Figur durch Bewegung des Indivisiblen, auf die Voraussetzung, daſs dasjenige als gleich zu betrachten ist, was aus gleichen Elementen erwächst.[3] Diese Anschauungsweise war nur möglich, wenn der Gedanke zu Grunde lag, daſs das

---

[1] *Nova Stereometrie Doliorum Vinariorum*, Lincii 1615. *Op.* ed. FRISCH, IV p. 551 ff.

[2] *Geometria indivisibilibus continuorum nova quadam ratione promata.* Bonon. 1635.

[3] Vgl. GERHARDT, *Entdeckung*, S. 15—27. COHEN, *Princip*, S. 32 f.

Kontinuum seine Realität erhält aus der Gesetzlichkeit seiner Erzeugung, also aus einer bestimmbaren Eigenschaft seiner unendlich kleinen Elemente. Deswegen geht die Auffassung des Unendlichkleinen als erzeugenden Elements Hand in Hand mit der Vorstellung, dafs alle Veränderung auf einer als Tendenz zu denkenden intensiven Realität beruht.

Wir haben bereits früher gesehen, wie mit dem Eintreten der neuplatonischen Gedankenreihen in die wieder auflebende Naturphilosophie das Denkmittel der Variabilität sich vorbereitete (s. I. S. 264 ff.), wie insbesondere bei Nicolaus Cusanus das Werden der Dinge, analog der Selbstbewegung des Denkens als eine innere Realität gesetzmäfsiger Entwickelung erfafst wird (s. I. S. 285 f.). Im ganzen 16. Jahrhundert herrscht, namentlich unter dem Einflusse des Paracelsus, diese Vorstellungsweise des Naturgeschehens, welche am Bilde des Organischen, an dem Herauswachsen des Keimes verdeutlicht wird. Infolge davon wird auch der Begriff der Bewegung in diesem Sinne gefärbt und dem Charakter des Intensiven genähert. Das Gefühl ist allgemein, dafs im Wesen des bewegten Körpers eine selbständige Realität liegt, welche das Gesetz seiner Bewegung bestimmt. Aber noch ist man nicht imstande, in der mechanischen Bewegung selbst diese Tendenz aufzufinden. Die Kraft, welche als Bewegungsursache oder als Bewegungstendenz anzuerkennen wäre, wird nicht in der Bewegung selbst, sondern in einem Lebensgeiste gesucht, welcher in oder zwischen den Körpern waltet. Die ganze Welt ist beseelt, und das Intensive und Selbständige der Bewegung wird einer Seele zugeschrieben. Die Übertragung dieser in der Thätigkeit einer immateriellen, seelenartigen Substanz begründeten Realität auf eine mechanisch wirkende Kraft und damit der Übergang von der organischen zu der mechanischen Auffassung der Bewegung fällt in das erste Viertel des 17. Jahrhunderts. Diese Umwandlung vollzieht sich zum Teil in der individuellen Entwickelung der an der wissenschaftlichen Arbeit beteiligten Denker selbst. Ein klassischer Zeuge dafür ist Kepler, dessen Denkart den Umschwung von der alten zur neuen Auffassung der Bewegung lebendig vollzieht, dessen Werke die Dokumente für diesen Umschwung darbieten. Wie er in seiner Erklärung der Planetenbahnen zuerst eine rein geometrische Konstruktion ver-

sucht und damit noch ganz unter dem antiken Denkmittel der Substanzialität steht, nachher aber dieselbe durch seine berühmten Bewegungsgesetze ersetzt, wobei er die Planeten in eine funktionale Beziehung stellt, also unter dem Denkmittel der Variabilität arbeitet, — so geht er auch, der eigenen Sinnesänderung bewuſst, von der Annahme, welche die Ursache der Bewegung in der Belebung sucht, zur mechanischen Auffassung über. In der ersten Ausgabe des *Mysterium Cosmographicum* (1596) nimmt er noch an, daſs entweder die bewegenden Seelen der Planeten um so schwächer sein müssen, je weiter sie von der Sonne entfernt sind, oder daſs es eine bewegende Seele der Sonne geben müsse, welche die näheren Körper heftiger anregt.[1] Auch in den *Paralipomena ad Vitellionem* (1604) schreibt er der Sonne noch eine Seele zu.[2] In *Astronomia nova*[3] (der Schrift über den Planeten Mars, 1609) aber bestreitet er bereits, daſs es bewegende Seelen der Planeten gäbe. Er faſst seine Gesetze nicht als bloſs phoronomische, sondern ist in der That der Ansicht, eine Physik des Himmels zu liefern,[4] und denkt sich die Planeten unter der Einwirkung der Sonne. Wiederholt betont er, daſs es sich um eine *hypothesis physica* und *causae physicae* handle. Er sucht die Ursache der langsameren Bewegung der ferneren Planeten in ihrer Trägheit und macht in der zweiten Ausgabe des *Mysterium Cosmographicum* (1621)[5] den Zusatz: „Wenn man für das Wort „Seele" das Wort „Kraft" einsetzt, so hat man das eigentliche Prinzip, auf welchem die Physik des Himmels in der Abhandlung über den Mars begründet und im 4. Buche der *Epitome Astronomiae* ausgebaut ist. Ehemals glaubte ich, daſs die bewegende Ursache der Planeten durchaus eine Seele sei, da ich nämlich vollgesogen war von den Lehren J. C. SCALIGERS über die bewegenden Intelligenzen. Aber als ich erwog, daſs diese bewegende Ursache mit der Entfernung sich abschwäche, daſs auch das Licht der Sonne mit der Entfernung von derselben sich

---

[1] *Op.* ed. FRISCH I p. 174. (c. 20). In der zweiten Ausgabe (1621) fügt er hinzu: „Quas [animas] nullas esse probavi in Comment. Martis." (A. a. O. p. 176.)

[2] *Op.* II p. 270. — [3] *Op.* III p. 178, 179, 201, 313 ff.

[4] Näheres im 5. Buch, Abschn. über die Attractionshypothesen. Vgl. auch WOHLWILL, *Beharrungsgesetz* S. 371, 373.

[5] *Op.* II p. 176.

verringere, so schlofs ich daraus, dafs diese Kraft etwas Körperliches sei, wenn nicht im eigentlichen, so doch wenigstens im übertragenen Sinne (aequivoce)."

Es ist nunmehr zu erörtern, wodurch diese Umwandlung des Bewegungsbegriffs zustande kam, welche die Einreihung der Bewegung als einer selbständigen Realität in die objektive Wirklichkeit gesetzmäfsigen Geschehens gestattete. Eine eingehende Behandlung der Geschichte der Mechanik kann hierbei nicht beabsichtigt werden und würde über den Rahmen der Entwickelung der Korpuskulartheorie hinausgehen. Es sollen nur diejenigen Grundgedanken hervorgehoben werden, welche für die atomistische Fassung des Körperbegriffs mafsgebend waren, indem sie die kausale Wechselwirkung der Korpuskeln und den Zusammenhang ihrer Bewegungen in feste Begriffe und gesetzliche Abhängigkeit zu bringen gestatteten. Dies wurde dadurch möglich, dafs zunächst das in der Bewegung liegende Intensive als eine auch noch im unendlich kleinen Zeitmoment wahrnehmbare und quantitativ darstellbare Eigenschaft der Bewegung erkannt wurde; und weiterhin, dafs der Zustand eines ganzen Bewegungssystems aufgefafst wurde als die Bedingung seiner gesetzlichen Veränderung im nächsten Zeitmoment. Auf ersterem beruht der Begriff der Energie, auf letzterem der ihrer gesetzmäfsigen Übertragung.

2. Leonardo da Vinci.

Wenn man das Auftreten umformender Gedanken in den einzelnen denkenden Individuen und nicht in den objektiv erkennbaren Resultaten ihrer Kulturwirkung untersucht, so beginnt die neue Mechanik und das moderne wissenschaftliche Denken überhaupt mit dem bewundernswerten Genius Leonardo da Vincis (1452—1519),[1] welcher seiner Zeit in so unbegreiflicher Weise vorangeeilt war. „Es giebt keine Gewifsheit in den Wissenschaften, wo man nicht einige Teile der Mathematik

[1] Heller, *Gesch. d. Phys.*, I S. 222—248, gibt eine für unsere Zwecke ausreichende Darstellung der physikalischen Verdienste Leonardos. Vgl. noch Libri, III p. 10 ff., Dühring, *Gesch. d. Mech.* S. 12 ff. Wohlwill, *Beharrungsgesetz* S. 16 ff.

anwenden könnte, oder die nicht in gewisser Beziehung davon abhinge." „Wir müssen die Erfahrung befragen in der Verschiedenheit der Fälle und Umstände, bis wir daraus eine Generalregel ziehen können, die darin enthalten." „Zuerst stelle ich bei der Behandlung naturwissenschaftlicher Probleme einige Experimente an, weil meine Absicht ist, die Aufgabe nach der Erfahrung zu stellen und dann zu beweisen, weshalb die Körper gezwungen sind, in der gezeigten Weise zu wirken. Das ist die Methode, welche man bei allen Untersuchungen über die Phänomene der Natur beobachten mufs."[1] Dieser klaren Einsicht in das Wesen der experimentell-mathematischen Methode der Naturwissenschaften entspricht DA VINCIS Verfahren und Erfolg. Es genügt hier, auf seine Entdeckung der Eigenschaften der Luft hinzuweisen, von welcher er weifs, dafs sie kein Element, sondern ein zusammengesetzter Körper ist, dafs sie Elastizität und Gewicht besitzt; ferner auf seine Theorie von der Konstruktion der Flamme und dem hierbei auftretenden Verbrennungsprozefs, wobei nach ihm ein Teil der Luft verzehrt wird und ein Vacuum sich bilden müsse, wenn nicht stets neue Luft nachströmt. Seine Einsicht in die Entstehung der Wellen ist besonders darum interessant, weil sie das Bewufstsein von der Zusammensetzung oder dem gleichzeitigen Bestehen verschiedener Bewegungsimpulse voraussetzt. Es ist kein Zweifel, dafs LEONARDO in der Auffassung der Bewegung über die Phoronomie des Altertums hinausgegangen ist und die Bewegungserscheinungen in einem tieferen dynamischen Sinne erfafst hat. Er sieht in dem bewegten Körper nicht nur die äufsere Ortsverschiebung, welche das Auge wahrnimmt, sondern er erkennt in demselben eine Wirkungsintensität, eine Kraft (forza), die ihn von dem ruhenden unterscheidet und zu diesem hinzutreten mufs, wenn Bewegung erfolgen soll, die ihn aber auch in der Bewegung erhält. Wenn diese Kraft als etwas Spirituelles bezeichnet wird, so dürfte dieser Ausdruck doch nur als ein Notbehelf aufgefafst werden, um das Intensive der Bewegung von den allein durch das Verhältnis von Raum und Zeit definierten phoronomischen Verschiebungen zu unterscheiden. Es wäre durchaus gegen

[1] HELLER, S. 237.

den Geist LEONARDOs, in seiner „Kraft“ den mystischen Lebensgeist suchen zu wollen, sondern er will eben damit die der Bewegung eigentümlich zukommende Realität bezeichnen. Er sucht die Kraft als eine Gröfse darzustellen, indem er sie proportional der erzeugten Geschwindigkeit annimmt. Jede Bewegung des Körpers enthält diese Kraft als eine Wirkungsfähigkeit, er w u c h t e t (péso) in der Richtung seiner Bewegung. Das ist ganz das Charakteristikum der Bewegung, welches GALILEI später im Moment oder der Bewegungsgröfse fixierte. Daher konnte LEONARDO den freien Fall bereits als eine beschleunigte Bewegung auffassen, deren Geschwindigkeit stetig und durch alle Grade anwächst. Auch die Erscheinung des Stofses wufste er mit dieser stetigen Wirkungsart der bewegten Körper in Verbindung zu setzen, indem er den Stofs als eine in sehr kurzer Zeit ausgeübte Kraft dachte. Inwieweit dagegen der Gedanke, eine Bewegung dadurch darzustellen, dafs ihre Wirkungsweise in dem unendlich kleinen Zeitmoment konzentriert gedacht wird, so dafs der bewegte Körper zwar keinen extensiven Weg zurücklegt, jedoch in seinem Bewegungszustande *implicite* diese nächste Folge, gewissermafsen potentiell, enthält, inwiefern dieser Gedanke, in welchem der eigentliche Schlüssel der neuen Wissenschaft liegt, bei LEONARDO schon vorgebildet ist, sind wir nicht imstande festzustellen. Die Kenntnis des Prinzips der virtuellen Geschwindigkeiten würde jenen Gedanken voraussetzen, wenn dasselbe in einer so fertigen Form vorläge, wie wir es heute auszusprechen pflegen. Denn in diesem Falle stellen wir unendlich kleine Verrückungen der Punkte des Systems und die hierbei ins Spiel tretenden Kräfte vor, was alles nur möglich wird, wenn der Begriff des Unendlichkleinen in solcher Weise ausgebildet ist, wie er dem modernen Bewufstsein im Differenzial vorliegt. Bei LEONARDO finden wir zwar ein Prinzip, welches sich zu dem der virtuellen Geschwindigkeiten entwickeln konnte, aber wir dürfen nicht behaupten, dafs der Begriff der unendlich kleinen Verschiebung ihm geläufig gewesen sei. Aus demselben Grunde sind auch die statischen Untersuchungen des GUIDO UBALDI, Marchese DEL MONTE (1545—1607), welchem LAGRANGE die erste Anwendung jenes Prinzips zuschreibt, für die Entwickelung des dynamischen Kraftbegriffs nicht von der Wichtigkeit, die

sie für die Förderung der mechanischen Studien überhaupt haben.

Die vorstehende kurze Erwähnung LEONARDO DA VINCIS würde der Bedeutung dieses Geistes bei weitem nicht genügen, wenn seine Arbeiten die Verbreitung und den Einfluſs gewonnen hätten, der ihrem Werte entsprach. Das bekannte Schicksal der Leonardischen Manuskripte, wohl auch der zu kühne Flug, mit welchem er sich über das Zeitverständnis erhob, bewirkten, daſs die Erscheinung LEONARDOS als ein individuelles Phänomen abseits der stetigen historischen Entwickelung liegt, und wir uns begnügen müssen, „unsere Blätter mit seinem Namen zu zieren."[1] Die Geschichte der Mechanik geht ihren Schritt ohne Rücksicht auf LEONARDOS Entdeckungen, wenigstens ohne daſs ein solcher Einfluſs bis jetzt merklich nachzuweisen wäre.

3. Benedetti.

Der erste Mechaniker vor GALILEI, bei welchem sowohl der intensive Inhalt der Bewegung als die Betrachtung der Bewegung im unendlich kleinen Zeitteilchen berücksichtigt wird, ist GIOVANNO BAPTISTA BENEDETTI[2] (1530—1590). Gerade bei ihm läſst sich erkennen, daſs die Frage nach dem Intensiven der dynamischen Bewegung aufs engste zusammenhängt mit dem Problem der intendierten Bewegung innerhalb des Phoronomischen. Dieses aber setzt Klarheit voraus über den Begriff der Kontinuität, indem die Ruhe als Grenzfall der Bewegung, eine Bewegung mit verschwindender Geschwindigkeit aufgefaſst werden muſs.

Die Vorstellung von der stetigen Veränderlichkeit der Gröſsen läſst BENEDETTI eine groſse Anzahl aristotelischer Lehren von fast modernem Standpunkte aus bekämpfen und in der Bewegungslehre den Unterschied zwischen Ruhe und Bewegung aufheben. Er leistet damit auf streng mathematischem Wege das, was NICOLAUS CUSANUS mehr angestrebt als erreicht hatte.

[1] So sagt GOETHE von GALILEI, *Mater. z. Farb.* XV. S. 512.

[2] JO. BAPTISTAE BENEDICTI, Patritii Veneti Philosophi, *Diversarum Speculationum mathematicarum et physicarum liber.* Taurini 1585. Von demselben kommt hier namentlich die vierte Abteilung *Disputationes de quibusdam placitis Aristotelis* in Betracht.

ARISTOTELES hatte gelehrt, dafs auf einer begrenzten geraden Linie eine kontinuierliche Bewegung unmöglich sei, weil der bewegte Punkt, wenn er am Ende anlangt und nun denselben Weg zurückmacht, notwendig anhalten, also ein Augenblick der Ruhe eintreten müsse.[1] BENEDETTI behauptet dagegen, dafs eine kontinuierliche Bewegung auch auf der begrenzten Strecke in der That möglich sei und beweist dies durch eine Betrachtung, deren Methode von fundamentaler Bedeutung ist.[2] Er fingiert zu diesem Zwecke einen Kreis, auf welchem ein Punkt A sich in kontinuierlichem Umlaufe bewegt (s. Fig. 7) und nimmt aufserhalb dieses Kreises einen festen Punkt B an, den er mit dem ersten A durch einen um B drehbaren Strahl verbindet. Die beiden von B an den Kreis gezogenen Tangenten BU und BN bezeichnen die beiden äufsersten Lagen, welche der Strahl BA annehmen kann, während der Punkt A den Kreis (stets in demselben Drehungssinne) durchläuft. Es schneide nun eine beliebige Gerade den Strahl BU im Punkte C, BN im Punkte D, so wird der Strahl BA in jeder seiner Lagen auf der Strecke CD einen Punkt T bestimmen. Geht der Punkt A auf der Kreisperipherie von U nach N, so bewegt sich T mit veränderlicher Geschwindigkeit von C nach D, und kehrt von D nach C zurück, wenn A den Bogen von N nach U durchläuft. Da nun der Punkt A sich ununterbrochen bewegt, so kann auch der Strahl BA und demnach der Punkt T an keinem Punkte wirklich zur Ruhe kommen. Die Bewegung des Punktes T entspricht, wie auch BENEDETTI andeutet,

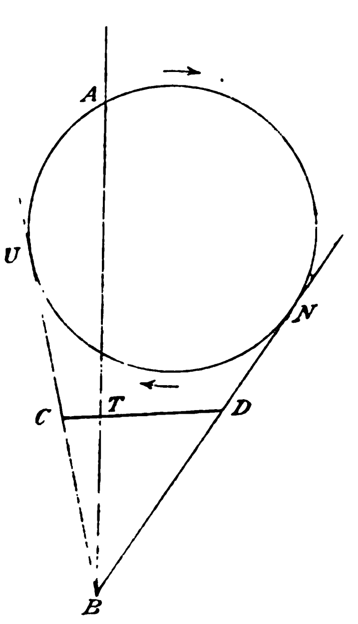


Fig. 7.

[1] *Phys.* VIII, 8. p. 262a.
[2] *Disputationes* etc. c. 23. p. 183.

der scheinbaren Bewegung eines von der Erde (B) aus gesehenen Planeten (A).

Es ist offenbar, dafs der Punkt T in der Lage C oder D nur dann als bewegt angesehen werden kann, wenn man die Bewegung nicht als eine extensive Gröfse, sondern als Tendenz zu einer solchen auffafst. Denn ein räumlich ausgedehnter Weg wird in C oder D nicht mehr zurückgelegt. Dennoch unterscheidet sich der Punkt T von dem als ruhend definierten C und D; das, wodurch er sich unterscheidet, ist aber nur gegeben als die Bestimmung des Punktes T, im nächsten Zeitmoment einen räumlich angebbaren Weg zurückzulegen. Es ist ein durchaus neues und von der alten geometrischen Betrachtungsweise abweichendes Verfahren des Bewufstseins, bei dem Punkte T zwar von der räumlichen Verschiebung, nicht aber von denjenigen Bedingungen zu abstrahieren, welche jenen Punkt im Zusammenhange seines gesetzlichen Verhaltens definieren. Diese bedingte Abstraktionsweise hatten wir das Denkmittel der Variabilität genannt. Es scheint uns von Wichtigkeit und der besonderen Betonung wert, dafs BENEDETTI hier den Begriff eines kontinuierlichen Grenzüberganges anwendet, um den Gedanken der Bewegung auch noch festzuhalten, wo die Extension der Bahn aufhört. Wenn aber das Wesen der Bewegung, ihre innere Bedingung, noch denkbar, und zwar streng mathematisch definierbar ist als das Gesetz der weiteren Fortsetzung der Bewegung, so mufs in ihr eine Realität liegen, die sich nicht verrät an dem zurückgelegten Wege und der dazu gebrauchten Zeit, sondern nur an der inneren Beziehung zwischen beiden, an der gegenseitigen Abhängigkeit von Weg und Zeit, welche auch dann noch besteht, wenn beide extensiven Gröfsen verschwindend klein geworden sind. Gerade dieses Beispiel ist daher höchst instruktiv für die Entstehung des Differenzialquotienten als einer gesetzlichen Beziehung zwischen extensiven Gröfsen, welche auch beim Grenzübergange, wo die Extension verschwindet, noch einen Wert behält. BENEDETTIS Gedankengang liegt genau auf dem Wege, welcher auf der einen Seite zur wissenschaftlichen Begründung der Bewegungslehre, auf der andren zur Entdeckung der Differenzialrechnung führt.

Die vorliegende Betrachtung untersucht den Fall, in welchem die Geschwindigkeit eines Punktes verschwindet und dennoch die Bewegungstendenz bleibt; er ist für die vollständige begriffliche Analyse ziemlich kompliziert, aber gerade darum geeignet, die Aufmerksamkeit zu erwecken. Der Abschlufs der Bewegung, welcher bei der Umkehr des Punktes für die Anschauung eintritt, erleichtert die Erkenntnis, dafs hier ein Gegensatz von angeschauter Bewegung und von der im Begriffe ihres Gesetzes gedachten Bewegung vorliegt. Ist dieser Unterschied zum Bewufstsein gekommen, so ist damit erkannt, dafs auch im einzelnen Momente bei kontinuierlicher endlicher Geschwindigkeit das gleiche Verfahren anwendbar ist. Denken wir uns einen gleichmäfsig bewegten Punkt in einem einzelnen Moment, so kann uns hierbei die Anschauung nicht mehr helfen, wie bei jenen Punkten der Umkehr der Bewegung. Aber wie dort im Augenblicke der Umkehr doch das Gesetz der Fortsetzung der Bewegung im Denken festgehalten wurde, so können wir nun auch bei der Abstraktion von einem im bestimmten Moment zurückgelegten endlichen Wege gleichwohl noch das Gesetz des weiterhin in gegebener Zeit zurückzulegenden Weges, d. h. den Grad der Geschwindigkeit im Denken behalten. Der fliegende Pfeil, in einem Punkte seiner Bahn gedacht, legt zwar keine endliche Strecke mehr zurück, aber er unterscheidet sich von einem ruhenden Pfeil durch das ihm seinem Begriffe nach zukommende Merkmal der Geschwindigkeit, das also auch noch bei unendlich klein gedachter Zeit und Strecke bestehen bleibt.

Den Zusammenhang der intensiven Eigenschaft mit dem Verschwinden der Extension entdeckt BENEDETTI durch eine scharfsinnige Methode der Projektion. Er betrachtet die Bewegung des im Kreise umlaufenden Punktes in seiner Projektion auf eine Gerade und wird so zu der Einsicht geführt, dafs Qualitäten der ursprünglichen Figur auch in der Projektion erhalten bleiben, obwohl gewisse Quantitäten verschwinden. Mit einem modernen Ausdruck würden wir sagen: Die Bahn des Punktes auf der Doppelstrecke *CDC* wird als eine unendlich schmale Ellipse aufgefafst. Das Denkmittel der Variabilität ist hier in der Betrachtung der Grenzfälle wirksam geworden. Damit ist schon innerhalb der phoronomischen Be-

trachtung der aristotelische Unterschied von geradliniger und krummliniger Bewegung aufgehoben. So einfach uns gegenwärtig BENEDETTIS Projektion erscheint, es gehörte ein feiner Geist dazu, um diese Bewegungen unter dem gleichen Gesichtspunkte zu sehen und zugleich zu gewahren, daſs nicht der im Raum beschriebene Weg, sondern die gesetzliche Art und Weise, wie derselbe beschrieben wird, das Maſsgebende und Bestimmende in der Bewegung ist und es auch dann noch bleibt, wenn die Unterschiede der Extension verschwinden. Diese Bedingung für die Begründung einer wissenschaftlichen Mechanik zuerst mathematisch klar erfaſst zu haben, möchten wir als Verdienst BENEDETTIS in Anspruch nehmen.

BENEDETTI wendet dieselbe Projektionsmethode an, um ebenfalls im Gegensatz zu ARISTOTELES zu zeigen, daſs es auch eine unendliche kontinuierliche Bewegung auf einer endlichen Geraden geben könne. Er denkt sich zu diesem Zwecke den Punkt A (s. Fig. 8) auf der unendlichen Geraden BA bewegt und den Strahl CA durch den festen Punkt C gehen. Ist RX senkrecht auf BA und CX parallel zu BA, so wird der Punkt J, welchen der Strahl CA auf der endlichen Strecke RX bestimmt, wenn A sich von R nach rechts bewegt, sich dem Punkte X ohne zu ruhen unausgesetzt nähern, ihn aber niemals erreichen. Wir haben hier offenbar ein Beispiel von einer ins Unendliche abnehmend gedachten Geschwindigkeit, sobald man den Punkt A mit gleichförmiger Geschwindigkeit bewegt denkt. Der Punkt X stellt dabei eine Grenze dar, welcher sich J ins beliebige nähern kann und die er, obwohl sie im Endlichen liegt, doch niemals zu erreichen vermag. Dabei ist die Abnahme der Geschwindigkeit keine unbestimmte und willkürliche, sondern bei gegebener Geschwindigkeit von A für jeden Punkt geometrisch definiert.

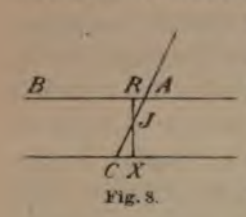


Fig. 8.

Wie BENEDETTI in seiner Untersuchung der phoronomischen Bewegung die neue Epoche der Mechanik inauguriert, indem er zur Betrachtung der Bewegung im unendlich kleinen Zeitmoment hinleitet, so erweist er sich auch in Bezug auf den

dynamischen Teil seiner Bewegungslehre als ein unmittelbarer Vorgänger GALILEIS.[1]

Die Scheidung der Bewegungen in natürliche und gewaltsame durch ARISTOTELES bedingte die Frage, wodurch die gewaltsame Bewegung sich zu erhalten vermöge. Sollte ein einheitlicher Bewegungsbegriff zustande kommen und jener Unterschied aufgehoben werden, so mufste auch in der sogenannten gewaltsamen Bewegung eine innere Realität erkannt werden, welche die Erhaltung und Fortpflanzung derselben als eine derselben zukommende, charakterisierende Bestimmung, nicht als einen äufsern Zufall auffafste.

Nach ARISTOTELES kann eine nicht naturgemäfse Bewegung nicht länger bestehen, als ein Antrieb der Bewegung da ist; in jedem Augenblicke mufs sie durch Berührung mit einem andren Bewegten unterhalten, d. h. neu erzeugt werden. Bei dem Fortschleudern eines Körpers kann die dauernde Geschwindigkeit desselben nur dadurch erklärt werden, dafs man die Rolle des Bewegers, nachdem der erste Antrieb vorüber ist, dem Mittel zuerteilt, in welchem die Bewegung stattfindet. Luft und Wasser können dieser Ansicht nach die Bewegung eines geworfenen Körpers erhalten und fortpflanzen, weil ihre Teile nach und nach bewegt werden und daher imstande seien, den sie durchdringenden Körper von hinten fortzustofsen. Seit CUSANUS, insbesondere bei CARDANO, tritt dann unter Beibehaltung der aristotelischen Erklärung von der Erhaltung der gewaltsamen Bewegung durch das Mittel auch noch die Annahme, dafs es eine *vis impressa* gebe, welche beim Wurfe dem geschleuderten Körper mitgeteilt wird und über den Augenblick des Anstofses hinaus einige Zeit dem geworfenen Körper innewohnt. Indem sie ihn weiter treibt, nimmt sie jedoch allmählich ab, ähnlich wie ein glühender Körper allmählich erkaltet; je stärker derselbe erhitzt war, desto länger bleibt er warm; so wirkt auch die mitgeteilte Kraft um so länger, je heftiger der Antrieb war. Wenn die beim Anstofs eingeprägte Kraft sich verloren hat, fällt der Körper

---

[1] Dies hat in vorzüglichster Weise E. WOHLWILL nachgewiesen, (*Beharrungsg.* S. 25—31).

zu Boden. Auch TELESIO und BRUNO sind Anhänger dieser Theorie von der *vis impressa*[1].

BENEDETTI gibt der Lehre von der eingeprägten Bewegung eine tiefere Bedeutung. Er beweist zunächst, dafs die aristotelische Erklärung von der Fortpflanzung der Bewegung durch das Mittel nicht haltbar sei, da die verdrängten Teile der Luft dem bewegten Körper keinen neuen Anstofs erteilen können. Vielmehr tritt hinter dem Körper eine Verdünnung der Luft ein, welche im Gegenteil ein Rückwärtsziehen des Körpers bewirken müfste.[2] Es hängt dies mit der klaren Einsicht zusammen, welche BENEDETTI in Bezug auf den Widerstand des Mittels besafs; infolgedessen lehrte er im Gegensatz zu ARISTOTELES, dafs eine Bewegung durch das Leere in der That möglich sei,[3] und wufste die bei der Verdünnung der Luft auftretenden Erscheinungen — die er auf Wärmewirkungen zurückführte — zur Erklärung der Saugerscheinungen zu verwerten.

Die Geschwindigkeit des bewegten Körpers, nachdem derselbe vom bewegenden getrennt ist, führt er zurück auf eine gewisse natürliche Impression infolge des von letzterem erhaltenen Antriebs.[4] Unter diesem Antrieb aber versteht BENEDETTI nicht, wie seine Vorgänger, eine der Bewegung des Körpers fremde Eigenschaft, sondern jene Impetuosität ist recht eigentlich das wahre Wesen der Bewegung, ein innerer Trieb des bewegten Körpers, der allerdings von Körper zu Körper mitgeteilt wird, aber den Charakter der Selbständigkeit trägt. Die *impetuositas* der Bewegung vermag daher als ein fortwährender innerer Antrieb auf die Bewegung beschleunigend zu wirken. Je länger die Bewegung dauert, um so heftiger wird dieser Antrieb, was insbesondere an der rotierenden Bewegung erläutert wird, wobei BENEDETTI annimmt, dafs der Antrieb mit der Zahl der Umläufe wächst, und richtig das Bestreben

[1] WOHLWILL, a. a. O. S. 24, 25. Vgl. auch TÄSCHNER, *Einiges aus dem Gebiete der Dynamik.*, Prog. d. Gymn. z. St. Maria-Magdalena, Breslau 1875. S. 5. Über GORLAEUS s. I S. 458.

[2] *Disputationes* etc. c. 24. p. 184.

[3] A. a. O. c. 9, 10. p. 174. c. 19. p. 179.

[4] A. a. O. . . . velocitas oritur a quadam naturali impressione ex impetuositate recepta a dicto mobili, quae impressio et impetuositas in motibus rectis naturalibus continuo crescit, cum perpetuo in se causam moventem . . . habeat.

des geschleuderten Körpers erkennt, in der Richtung der Tangente fortzufliegen.[1] Auch beim natürlichen Fall der Körper sucht BENEDETTI das Anwachsen der Geschwindigkeit in der bloſsen Andauer der Bewegung, wodurch der Antrieb selbst fortwährend zunimmt. Er bemerkt daher: „ARISTOTELES hätte (*de coelo* I, 8) nicht sagen sollen, daſs der Körper um so schneller sei, je näher er seinem Ziele kommt, sondern vielmehr um so schneller, je weiter er sich vom Ausgangspunkte entfernt, weil die Impression immer in dem Verhältnis gröſser wird, je mehr der Körper sich naturgemäſs bewegt, und er beständig neuen Antrieb empfängt, da er in sich die Ursache der Bewegung enthält.“[2]

Indem BENEDETTI sowohl in der sogenannten gewaltsamen Rotationsbewegung als in der sogenannten natürlichen Fallbewegung eine Steigerung der Geschwindigkeit infolge des im Wesen der Bewegung selbst liegenden Antriebs annimmt, hat er streng genommen bereits den von ARISTOTELES zwischen beiden aufgerichteten Gegensatz aufgehoben. Jede Bewegung besitzt nach BENEDETTI eine innere Realität, nämlich die Tendenz der Fortsetzung, welche wie ein fortdauernder Impuls wirkt und eine Beschleunigung zur Folge hat. Hätte BENEDETTI diesen Gedanken systematisch durchgeführt, so hätte er jede andauernde Bewegung für eine beschleunigte erachten müssen; wo eine Beschleunigung thatsächlich nicht auftritt, wäre dann diese Aufhebung des Anwachsens der Geschwindigkeit, nicht umgekehrt ihre Erhaltung, zu erklären gewesen. In der That hält es BENEDETTI für notwendig, einen Grund dafür anzugeben, daſs die sogenannte gewaltsame Kreisbewegung, wenn sie einmal eingeleitet ist, nicht immer dauert, weil nämlich die Neigung der rotierenden Teile in gerader Linie fortzugehen die Rotation hemme. Es wäre nun freilich eine so vollständige Umkehrung aller historisch vermittelten Bewegungsbegriffe gewesen, die beschleunigte Bewegung als die natürliche Grundform aller Bewegung anzusehen und aus ihr die abweichenden Fälle herzuleiten, daſs wir eine konsequente Durchführung dieses Gedankens nicht erwarten dürfen. Es ist daher nicht zu verwundern, daſs BENEDETTI in die Anschauungsweise zurückfällt,

---

[1] *De mechan.* c. 17. p. 160. — [2] *Disput.* p. 184. WOHLWILL a. a. O. S. 26.

welche den mitgeteilten Bewegungsantrieb als allmählich abnehmend betrachtet.[1] Dies hindert jedoch nicht, die Bedeutung anzuerkennen, welche BENEDETTI für die Umgestaltung des Bewegungsbegriffs besitzt. Gegenüber den anthropomorphischen Vorstellungen und Bildern, deren sich TARTAGLIA und TELESIO zur Erklärung der Beschleunigung bedienten,[2] steht BENEDETTIS Annahme einer Steigerung der Geschwindigkeit durch die Andauer des innern Bewegungsimpulses als ein Gedanke von wissenschaftlichem Werte und ein wichtiger Fortschritt der dynamischen Vorstellungsweise. Die Bewegung besitzt dadurch Intensivität. Der Charakter der Bewegung im einzelnen Moment ist nicht mehr bloſs abhängig von der Bahn des bewegten Körpers, sondern von der Art und Weise, wie der Bewegungszustand des Körpers angewachsen ist; und die Bewegung ist nicht mehr bloſs das Produkt raumverschiebender Faktoren, sondern sie hat den Wert einer selbständigen Art des Seins, eine Qualität, eine innere Gesetzlichkeit ihres Verlaufs.

Indem BENEDETTI somit sowohl die Kontinuität der verschiedenen Bewegungsarten gelehrt als auch gezeigt hatte, daſs Beschleunigung als eine den Charakter der Bewegung ausmachende Eigenschaft aufgefaſst werden könne, hatte er die Begriffe vorbereitet, für welche GALILEI die zusammenschlieſsende Formel fand. Wir dürfen ihn daher unter denen nennen, welche die späteren Fortschritte der korpuskulartheoretischen Physik ermöglichten, wenn auch bei ihm selbst eine atomistische Auffassung der Materie nicht zu konstatieren ist. Doch wirkte er nicht nur in der Bewegungslehre, sondern auch in der Physik selbst, wie zum Teil schon angedeutet wurde, als ein scharfsinniger Kritiker des ARISTOTELES. Als Einzelheiten mögen in dieser Hinsicht Erwähnung finden, daſs er das Beschlagen der Gläser richtig als Kondensation, nicht als Durchschwitzen des Wassers auffaſst,[3] die aristotelische Lehre vom Gravitieren der Körper ebenso wie die Unveränderlichkeit des Himmels und die Unmöglichkeit mehrerer Welten anzweifelt,[4] die Bewegung des Lichtes durch das Vacuum für möglich erklärt und nachweist,

[1] A. a. O. p. 160. — [2] WOHLWILL a. a. O. S. 27. — [3] *Disput.* p. 192.
[4] A. a. O. p. 185, 195, 197.

dafs Pyramiden nicht geeignet sind, den Raum lückenlos zu erfüllen.[1] In letzterem Falle liefsen Pyramiden — es sind offenbar reguläre Tetraeder gemeint — sogar mehr Vacuum übrig, als sie Raum erfüllen; auch sei die Pyramide stabiler als der Würfel, wie überhaupt ein Körper um so stabiler sei, je weniger Flächen er habe; darum hätten die Alten nicht gut gethan, den Würfel als Grundgestalt des Erdelements zu erklären.

Auch der wertvollen Arbeiten des Begründers der neuern Hydrostatik, SIMON STEVINS (1548—1620) mufs hier gedacht werden, nicht nur, weil er im Anschlufs an ARCHIMEDES die aristotelische Lehre aufhob, dafs das Wasser *proprio loco* nicht gravitiere, sondern auch, weil seine Bestimmung des Seitendrucks auf einer Anwendung der Grenzmethode beruht, und weil der Begriff des Drucks einer Flüssigkeit überhaupt den Gedanken einschliefst, dafs es sich dabei um ein Streben nach Bewegung handelt, dafs also auch bei einer thatsächlichen Hemmung der räumlichen Bewegung ein mefsbarer dynamischer Effekt auftreten kann. Hierauf gründete sich die fruchtbare Vorstellung einer virtuellen Bewegung.

4. Galileis Bewegungslehre.

Die Motive im Entwickelungsgang der Mechanik und der innere Fortschritt in der Geistesarbeit GALILEIS gehören in die Geschichte der Bewegungslehre: wir haben uns darauf zu beschränken, ihre Ergebnisse zu benutzen und das Facit dessen zu ziehen, was der Genius des grofsen Pisaners der menschlichen Erkenntnis schenkte. Und das ist nichts Geringeres als das Mittel, Empfindung zu objektivieren, so dafs Naturwissenschaft möglich wurde als Wissenschaft von der Empfindung.[2]

Der Rationalismus hatte keinen Platz für die Empfindung unter den konstitutiven Faktoren der Wirklichkeit, und doch sah schon ARISTOTELES ein, dafs die Wahrnehmung eine nicht zu verleugnende Realität besäfse. Er versuchte dieselbe auf den Begriff des Einzeldinges zu gründen, aber die Substanzialität haftet am Allgemeinen. Nur die Beschäftigung mit den

[1] A. a. O. p. 156. — [2] Vgl. m. Abh. V. f. w. Ph. XII S. 45[illegible] f. XIII S. 32 f.

erfahrungsmäſsigen Veränderungen der Dinge konnte die Brücke zwischen der sinnlichen Wahrnehmung und dem Begriffe schlagen. Von den Veränderungen der Dinge aber ist die räumliche Bewegung diejenige, welche mit der Konstruktion der Begriffe durch das rationale Element der Mathematik am sichtlichsten zusammenhängt. So lange freilich dabei nur die phoronomische Bewegung in Betracht kommt, d. h. diejenigen Ortsveränderungen, welche sich lediglich im Gesichtsfelde abspielen, tritt der Empfindungscharakter der Bewegung nicht hervor. Die Raumvorstellung ist mit dem Gesichtssinn so eng verhaftet, daſs bloſse Lageverschiebungen wie die Figuren der Geometrie gedacht werden können, ohne daſs die Beteiligung der sinnlichen Empfindung auffällt. Ja, in den Gebilden der reinen Anschauung haben wir in der That ein von der sinnlichen Empfindung gelöstes Gebiet vor uns, in welchem letztere nur noch als eine psychologische Bedingung der ursprünglichen Entstehung, nicht aber als Faktor der konstruierenden Behandlung enthalten ist. Daher führt die Phoronomie zu keiner Objektivierung der Gesichtsempfindung. Nicht die spezielle Form, welche die Empfindung im optischen Apparat des Auges erreicht, sondern die in der Muskelempfindung zum Ausdruck kommende sinnliche Thatsache der Anstrengung oder Arbeitsleistung wurde das Mittel, die begrifflich darstellbaren Bewegungsvorgänge mit der Empfindung in Beziehung zu setzen.

Benedetti hatte in der Bewegung den dynamischen Charakter, das über die Lageverschiebung Hinausgehende, bereits erkannt. Galilei fuſste unmittelbar auf ihm, als er den Schritt that, welcher ihn von dem Vorplatz in das Thor der neuen Wissenschaft trug, indem er dieses Intensive der Bewegung erkannte einerseits als mit der Sinnlichkeit zusammenhängend durch die Andrangsempfindung, andrerseits als durch mathematische Gröſsen begrifflich zu fixieren im „Moment der Bewegung“.[1]

---

[1] Über den Begriff des Moments und die Bedeutung des unendlich kleinen Zeitelements bei Galilei sind belehrend und im Folgenden mehrfach benutzt die betreffenden Stellen bei Dühring, *Gesch. d. Mech.* S. 17 ff., bes. S. 23—30. Cohen, *Princ.* S. 47—51. Im übrigen ist zu vergleichen Natorp, *Galilei als Philosoph, Philos. Monatshefte* XVIII, S. 193—229. Wohlwill, *Beharrungsgesetz.* Die Werke Galileis werden citiert nach der Ausgabe Padova 1744.

Die Wucht des fallenden Körpers, welche sich als dynamische Wirkung bemerkbar macht, indem sie gröfseren oder geringeren Widerstand überwindet, erläutert GALILEI durch eine aus der Sinnlichkeit entnommene Beschreibung. Er gebraucht zur Bezeichnung dieser Eigenschaft, deren Ursache er dahingestellt sein läfst, das Wort *l'impeto*, entsprechend der *impetuositas* BENEDETTIS. Dabei sucht er nach weiterer Verdeutlichung durch eine Häufung beschreibender Ausdrücke: die Eigenschaft (virtù), die Kraft (forza), die Wirksamkeit (efficacia), mit welcher der Motor bewegt, das Bewegte widersteht,[1] das Streben nach abwärts (la propensione di andare al basso),[2] der Antrieb nach unten (impeto di andare al basso), die Fähigkeit (il talento), die Energie (l'energia).[3] Diese Intensität der Bewegung ist in der sinnlichen Erfahrung gegeben. Sie ist eine Qualität, eine Eigenschaft des Seienden, wodurch wir mit der Körperwelt als sinnliche Wesen in Verbindung stehen. Von dieser empirischen Gegebenheit ging GALILEI aus. Sein Ziel aber war, das, was die Erfahrung als eine nach Graden abschätzbare Empfindung, als eine intensive Gröfse darbot, aus dem subjektiven Erlebnis herauszulösen und mit den mathematisch ausdrückbaren Raum- und Zeitgröfsen in Verbindung zu setzen; d. h. er suchte und fand den begrifflichen Ausdruck für die subjektive Empfindung, welche das psychologische Zeichen der Veränderungen in der Körperwelt ist. Diesen mechanischen Begriff, welchen er entdeckte, nannte er das Moment der Bewegung.[4] Er erkannte nämlich, dafs der Antrieb, welcher in der Andrangsempfindung wahrgenommen wird, begrifflich aufzulösen ist als eine Funktion verschiedener Gröfsen, dafs er nicht blofs abhängig ist von dem Gewicht, sondern von der ganzen Art und Weise, in welcher die Bewegung vor sich geht; er erkannte in dem Moment die charakteristische Realität der Bewegung, welche den bewegten Körper vom ruhenden unterscheidet. Das Neue seiner Bewegungslehre bestand darin, dafs er die Abhängigkeit des Moments von der Geschwindigkeit aufdeckte.

---

[1] *Op.* I p. 191. — [2] *Op.* I, 555. — [3] *Op.* III, 103, 104.
[4] A. a. O.: il momento o la propensione al moto, il momento del discendere.

Ging auch seine ältere Definition von den Lagebeziehungen der Gewichte beim Hebel in Rücksicht auf den Unterstützungspunkt aus, so galt ihm gleichwohl hier bereits das Moment als die Neigung zum Sinken; es lag also schon der Begriff der Geschwindigkeit, wenn auch im virtuellen Sinne, darin.[1] Und gerade diese Auffassung führte ihn von der statischen zur dynamischen Bedeutung des Moments. „Moment bedeutet bei den Mechanikern jene Eigenschaft, jene Kraft, jene Wirksamkeit, mit welcher der Motor bewegt und der bewegte Körper widersteht, welche Kraft nicht allein von dem einfachen Gewicht abhängt, sondern von der verschiedenen Neigung der Bahn, auf welcher die Bewegung vor sich geht; denn ein Gewicht, das auf einer sehr abschüssigen Fläche sich abwärts bewegt, bewirkt einen stärkeren Andrang, als auf einer weniger geneigten; und was schliefslich auch die Ursache jener Eigenschaft sei, so behält sie auf alle Fälle die Bezeichnung Moment. Auch scheint mir nicht, dafs dieser Sinn neu ist in unserer Sprache; denn wenn ich nicht irre, scheint es mir, dafs wir ziemlich häufig sagen: Das ist eine wichtige Sache, aber die andere ist von geringem Moment . . . ., eine Metaphorie, die ich als aus der Mechanik entlehnt erachte.“[2]

Die Vollendung seiner Entdeckung wurde nun dadurch vollzogen, dafs GALILEI mathematische Beziehungen auffand zwischen dem, was er Moment nannte, und dem bekannten Begriff der Geschwindigkeit.

Die beiden Prinzipe, durch welche er den Begriff des Moments der quantitativen Messung zugänglich machte, setzen fest:

1. Gleiche absolute Gewichte haben bei gleicher Geschwindig-

[1] *Op.* I p. 555. „Momento è la propensione di andare al basso, cagionata non tanto dalla gravità del mobile, quanto della disposizione, che abbiano tra di loro diversi corpi gravi, mediante il qual momento si vederà molte volte un corpo men grave contrappesare un altro di maggior gravità, come nella stadera si vede un picciolo contrappeso alzare un altro peso grandissimo, non per eccesso di gravità, ma bene per la lontananza dal punto, dove vien sostenuta la stadera, la quale congiunta colla gravità del minor peso gli aggiunge momento, e impeto di andare al basso, col quale può eccedere il momento dell'altro maggior grave. È dunque il momento quell' impeto di andare al basso, composto di gravità, positione, e altro, dal che possa essere tal propensione cagionata.“

[2] A. a. O. I, p. 191.

keit gleiche Momente;[1] und 2., bei ungleichen Geschwindigkeiten verhalten sich die Momente gleicher Gewichte wie ihre Geschwindigkeiten.[2]

Nennen wir K das Moment der Bewegung, v die Geschwindigkeit des Körpers, so liefern diese Prinzipien die Gleichung $K = C \cdot v$, wobei C eine Konstante bezeichnet, deren Bedeutung noch nicht aufgeklärt ist; sie enthält die Voraussetzung, dafs für denselben Körper unter allen Umständen das Verhältnis $K : v$ eine konstante Gröfse (C) ist. Dadurch ist der Anfang gemacht, aus den verschiedenen Wirkungen, welche ein Körper bei verschiedenen Geschwindigkeiten ausübt, denjenigen Faktor auszusondern und als eine Gröfse mit andern Gröfsen in Beziehung zu setzen, der die dynamische Wirkung des Körpers neben der Geschwindigkeit charakterisiert. Die Geschwindigkeiten wechseln; damit wechseln auch die Wirkungen der Körper; aber es gelingt, die Anteile abzusondern, welche einerseits der Natur des Körpers, andrerseits der Natur der Bewegung zukommen. Der klare Begriff der Masse, den wir als das konstante Verhältnis des Gewichts zur Beschleunigung ($P : g$) definieren, ist zwar noch nicht gewonnen, aber der Weg dazu ist eröffnet. Die subjektive Empfindungsthatsache, dafs derselbe Körper bei verschiedenen Geschwindigkeiten verschiedene Grade des Andrangs besitzt, ist in die quantitative Beziehung aufgelöst, dafs in der Wirkung eine physische Realität enthalten ist, welche sich zerlegen läfst in die durch Raum und Zeitstrecken definierte Geschwindigkeit und eine dem Körper als solchem zukommende Eigenschaft.

Das bisher vom Moment Gesagte setzt den Begriff der Beschleunigung nicht notwendig voraus, es gilt vielmehr auch von der gleichförmigen Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit, wobei die konstante Geschwindigkeit definiert ist durch den Satz, dafs in beliebigen gleichen Zeiten gleiche Wege zurückgelegt werden.[3] Aber es liegt darin bereits die Erfassung der Bewegung im unendlich kleinen Zeitteilchen. Denn die Wirkungsgröfse würde keine bestimmte sein, wenn eine endliche, und demnach noch besonders zu bestimmende Zeitdauer in ihrem Begriffe eingeschlossen wäre. Nur diese Beziehung auf

[1] *Op.* I p. 191. — [2] *Op.* I. p. 192. — [3] *Op.* III. p. 88.

das unendlich kleine Zeitteilchen ermöglicht Galilei, sein Bewegungsmoment so allgemein als Maſs der Wirkung aufzufassen.

Es ist nämlich der Begriff des Moments so definiert, daſs er sowohl für die Statik als für die Dynamik gelten kann; in ersterem Falle handelt es sich nur um die Neigung, das Bestreben, die Tendenz hinabzugehen; im zweiten Falle um eine thatsächlich ausgeführte Bewegung, eine Wirkung der Kraft; im ersten Falle ist die Geschwindigkeit virtuell, im zweiten aktuell. Das Moment ist „die Kraft, mit welcher das Bewegende bewegt, das Bewegte widersteht.“ Diese Art der Auffassung ist der wesentliche Fortschritt, den Galilei von der Statik zur Dynamik macht. Er stellt das Moment vor als etwas, das in der Bewegung wurzelt und zugleich Bewegung hervorbringen kann, zugleich als Tendenz und als Actus, aber nicht mehr in der unbestimmten Weise des Aristoteles als einen Übergang von Dynamis zu Energeia, sondern in einer Form, welche für das Maſs der Bewegung denselben mathematischen Ausdruck gestattet, gleichviel, ob auf den betrachteten Zeitpunkt eine Bewegung erfolgt oder nicht. Die metaphysische ist durch die mathematisch-mechanische Vorstellungsweise abgelöst und das aristotelische Prinzip des Geschehens in der Wirklichkeit ersetzt durch ein neues Prinzip, wonach alle Veränderung darstellbar wird als räumliche Bewegung, die den im Moment meſsbaren Charakter des Intensiven trägt. Daſs aber Galilei diesen Schritt thun konnte, liegt, wie bemerkt, in der Einführung des unendlich kleinen Zeitmoments; in diesem kommt die Bewegung sozusagen zum Stehen, Statik und Dynamik grenzen aneinander; die „mögliche“ Bewegung verliert ihre Unbestimmtheit, sie ist jetzt in der virtuellen Geschwindigkeit mathematisch definiert; die „aktuelle“ Bewegung verliert ihre Unerfaſslichkeit, sie ist im Begriff des Moments gebannt an einen bestimmten Zeitpunkt, so daſs verschiedene Bewegungszustände für dasselbe Zeitteilchen vergleichbar werden. Das ist die neue Form der Abstraktion, welche den Begriff des Bewegungsmoments liefert: Die Extension fällt fort, aber die Intension bleibt bestehen; sie gewinnt ihren Sinn im Zeitelement.

Bereits in Galileis Definition der gleichförmigen Bewegung (mit konstanter Geschwindigkeit) tritt seine Einsicht hervor,

dafs der Begriff der Bewegung nur mit Hilfe des unendlich klein gedachten Zeitteilchens streng zu formulieren ist. Darum sagt er in der Anmerkung dazu: „Es schien notwendig, der alten Definition (welche die Bewegung einfach dann gleichförmig nennt, wenn in gleichen Zeiten gleiche Räume zurückgelegt werden) das Wort „in beliebigen“ (quibuscunque) hinzuzufügen, d. h. in allen (möglichen) Zeiten. Denn es kann unter Umständen ein bewegter Körper in gewissen gleichen Zeiten gleiche Räume zurücklegen, während trotzdem die in kürzeren Teilen jener Zeitabschnitte zurückgelegten Wege ungleich sind trotz der Gleichheit der Zeiten.“[1]

Dieses „in beliebigen“ heifst nichts anderes als „in beliebig klein gedachten Zeiten“, und das „in allen Zeiten“ nichts anderes als „in jedem Zeitmoment“. Im stetigen Zusammenhange der Zeit ist eine für jede Zeit geltende Festsetzung nur zu machen für den einzelnen Zeitmoment, wenn sie eine mögliche Veränderung im Verlaufe der Zeit ausschliefsen soll. Geschwindigkeit ist eine Eigenschaft des bewegten Körpers, die durch das Verhältnis des Raumes und der Zeit gemessen wird: soll sie aber unabhängig sein von der Dauer der in Betracht gezogenen Zeit, soll sie den Charakter der Bewegung bezeichnen, so mufs sie auch noch bestehen bleiben und gerade dann erst rein hervortreten, wenn die Extension der Zeit verschwindet, wenn, um modern zu reden, nicht s an t, sondern ds an dt gemessen wird. Ist die Konstanz der Geschwindigkeit feststehend, so genügt die äufsere, sinnliche Wahrnehmung gleicher Wege, die in gleichen Zeiten, z. B. pro Sekunde durchlaufen werden: soll aber der Begriff der Geschwindigkeit in der Definition festgestellt werden, so tritt das rationale Element an Stelle des sinnlichen: man kann nicht mehr konstatieren, ob nicht in kürzeren als den wahrnehmbaren Zeitabschnitten sich im Resultate ausgleichende Geschwindigkeits-Differenzen ereignet haben. Hier erfordert die Möglichkeit strenger Definition das Herausgreifen des Zeitmoments: in jeder, auch noch so kleinen Zeit mufs noch ein Verhältnis des zurückgelegten Wegteilchens zur Zeit denkbar sein; die Qualität „Geschwindigkeit“ wird mit der „Quantität“ der Zeit

---

[1] A. a. O. Op. III. p. 55

nicht aufgehoben, sondern bleibt als das den Verlauf der Bewegung Charakterisierende bestehen. Diese Erkenntnis zu gewinnen heifst mit dem Denkmittel der Variabilität arbeiten. Das Zurückgehen auf das unendlich kleine Zeitteilchen ermöglichte GALILEI die begriffliche Erfassung des Intensiven in der Bewegung und die Überwindung des eleatischen Einwurfs gegen die Möglichkeit der Veränderung; auch noch im Zeitmoment bleibt die Tendenz.[1] Die volle Gewalt des Gedankens aber tritt erst zu Tage in der nunmehr möglich werdenden Darstellung der beschleunigten Bewegung.

„Gleichmäfsig oder einförmig beschleunigte Bewegung nenne ich diejenige, welche, von der Ruhe ausgehend, in gleichen Zeiten gleiche Momente der Geschwindigkeit hinzufügt."

Der Dialog erklärt im Anschluſs an diese Definition, daſs hierbei in keiner endlichen Zeit, auch nicht in der kleinsten, d. h. nur in dem unendlich kleinen Zeitteilchen, die Geschwindigkeit unverändert bleibe. Sie wächst kontinuierlich durch alle möglichen Grade. Dann aber giebt es keinen endlichen Weg, dessen thatsächliche Zurücklegung in gegebener Zeit die Geschwindigkeit messen könnte, sondern es muſs in Gedanken, d. h. im Begriffe, ein Weg festgesetzt werden, den der Körper unter Voraussetzung weiterer gleichförmiger Bewegung in der Zeiteinheit vollenden würde. Es wird demnach eine Geschwindigkeit gesetzt und in Gedanken festgehalten, welche nur in einem Zeitpunkte besteht. Dadurch ist mit Hilfe des Unendlichkleinen im Flusse des Kontinuums ein bestimmter Inhalt gewonnen. Die Kluft zwischen dem Nicht-Sein und dem Sein der Bewegung ist überbrückt, indem diese als werdend, als aus unendlichkleinen Inkrementen anwachsend gedacht wird.

SAGREDO macht einen Einwand, welcher aus jener Auffassung des Kontinuums hervorgeht, die noch nicht unter dem

---

[1] Es ist ersichtlich, wie diese Auffassung an diejenige BENEDETTIS von der Kontinuität der Bewegung im Durchgang durch die Ruhe anknüpft. GALILEI hat schon in seinen frühesten Manuscripten den Satz verteidigt, daſs es im Punkte der Reflexion keine Ruhe gebe und sich zum Beweise u. a. einer höchst interessarten Anwendung des Begriffs der Relativität der Bewegung bedient, den hier zu reproduzieren leider der Raum fehlt. S. *Alcuni scritti inediti di Galilei* da A. FAVARO, Roma 1884, p. 113, bes. 115 f.

Denkmittel der Variabilität steht, welches das Wachsen erkennt als etwas Intensives, nicht als eine Anhäufung extensiver Nullen, die in ihrer Gesamtheit nichts Endliches geben können. Er meint, die Bewegung müsse, da sie von der Ruhe ausgeht, im Anfang so langsam sein, dafs überhaupt gar kein Fortschritt zustande kommt, und SIMPLICIO unterstützt diesen Einwand, indem er bemerkt, dafs eine Unendlichkeit von verschiedenen Graden der Geschwindigkeit unmöglich durchlaufen werden könne. SALVIATI, oder vielmehr GALILEI, hat diese Auffassung des Kontinuums überwunden. Er beruft sich zunächst auf die feststehende Erfahrungsthatsache; der fallende Stein geht von der Ruhe aus und beschleunigt seine Bewegung, er durchläuft also alle möglichen Grade. Für diese unumstöfsliche sinnliche Thatsache ist eine derartige begriffliche Fassung zu suchen, dafs sie in das Gebiet der Erkenntnis eingereiht werden kann; folglich ist das Anwachsen der Geschwindigkeit in angemessener Weise zu denken mit Hilfe der Auflösung in unendlich viele Momente. Die Ruhe ist nichts andres als eine unendlich grofse Langsamkeit.[1] Diese Anwendung des Prinzips der Kontinuität ist unumgänglich, sie ist gefordert zur rationalen Beherrschung der sinnlichen Erfahrung. Dieser Anforderung ist der Begriff des Unendlichen anzupassen. In jeder endlichen Zeit, auch in der kleinsten, sind noch unendlichviele Momente anzunehmen, um den unendlich vielen Graden der Geschwindigkeit zu entsprechen.[2] In jedem unendlichkleinen Zeitteilchen wächst die Geschwindigkeit um dieselbe unendlichkleine Gröfse. Aus dieser Annahme ergeben sich als Folgerungen der mathematischen Betrachtung die drei Grundgesetze des freien Falls der Körper: 1. die Zeit, in welcher ein gleichförmig von der Ruhe aus beschleunigter Körper einen gegebenen Raum durchläuft, ist gleich derjenigen, in welcher derselbe Raum bei gleichförmiger Bewegung zurückgelegt worden wäre, wenn die Geschwindigkeit das arithmetische Mittel ist zwischen dem gröfs-

---

[1] *Op.* III. p. 93. . . . tardità infinita (che tale è la quiete) . . . Vgl. *Op.* IV, p. 33.

[2] A. a. O. . . . perchè in ogni tempo quanto, ancorché piccolissimo, sono infiniti instanti, però son bastanti a rispondere agli infiniti gradi di velocità diminuita.

ten und kleinsten Grade der Geschwindigkeiten jener gleichförmig beschleunigten Bewegung.

2. Die Geschwindigkeiten sind proportional den Fallzeiten, und

3. Die Fallräume in den einzelnen Zeiten wachsen wie die ungeraden Zahlen, d. h. die Gesamtfallräume sind proportional den Quadraten der Fallzeiten.

Die Konstanz der Beschleunigung, d. h. die Annahme, daſs die Geschwindigkeit beim freien Fall in jedem kleinsten Zeitteilchen um denselben unendlich kleinen Grad wächst, ist bei Galilei lediglich eine Qualität der Bewegung, d. h. Galilei begnügt sich damit, zu konstatieren, daſs es in der Natur eine beschleunigte Bewegung (des freien Falls) gibt, deren sinnlich wahrnehmbarer Vorgang die angegebene mathematische Darstellung gestattet unter der Voraussetzung, daſs es in der Natur der Bewegung liegt, gleiche Geschwindigkeitszunahmen in gleichen Zeiten zu haben. Über die Ursache dieser Beschleunigung eine Erklärung zu geben, lehnt er ab. Ob dieselbe etwa auf einer Abnahme des ursprünglichen Impetus beruht, wird angedeutet, aber nicht weiter erörtert.[1] Die Beschleunigung realisiert die Bewegung, insofern jede endliche Geschwindigkeit entstanden gedacht wird als erwachsen aus unendlichvielen Geschwindigkeitsgraden. Indem die Beschleunigungen verschiedener Bewegungen das Verhältnis angeben, in welchem die Zunahmen ihrer Geschwindigkeiten bei gleichen Zeiten stehen, messen sie die Bewegung und gestatten die Vergleichung z. B. der Fallbewegungen auf verschieden geneigten schiefen Ebenen, wobei sie sich verhalten wie die Quotienten aus Höhe und Länge der schiefen Ebenen (Sinus der Neigungswinkel). Sie liefern demnach Konstanten, welche die betreffenden Bewegungen als bestimmte charakterisieren. Eine solche physikalische Konstante, wie die Beschleunigung des Falls, ist aber eine Thatsache der sinnlichen Wahrnehmung, eines in der Empfindung Gegebenen; indem Galilei dieselbe in ihrer Abhängigkeit von Raum- und Zeitgröſsen erkennen und durch bestimmte Zahlen messen lehrte, gewann er das Mittel, diese Empfindungsthatsache in einem klaren Begriff zu

[1] *Op.* III p. 93.

erfassen, d. h. sie in die Gesetzlichkeit der Natur einzureihen. Das ist es, was man Objektivierung der Empfindung nennt; in diesem Sinne schuf Galilei einen neuen Naturbegriff. Daſs er sich hierbei auf die Thatsache der aktuellen Bewegung beschränkte und in keine Spekulationen über die Ursache derselben einlieſs, ist in einem weitern Sinne eine Einseitigkeit, aber gerade in dieser liegt die Gröſse Galileis. Der Schöpfer eines neuen Naturbegriffs durfte in dieser Auffassungsart aufgehen. Er entdeckte die Gesetzlichkeit der Bewegung, und die mathematische Form der Bewegungsgesetze war sein maſsgebendes Interesse. Die Veränderung der Dinge galt es begrifflich zu erfassen, nachdem das Denkmittel der substanzialen Formen den empirischen Inhalt der neuen Zeit nicht mehr zu bewältigen vermocht hatte. Für diese Veränderung fand Galilei in den Bewegungsgesetzen die neue Form der Darstellung. Es gibt wieder ein System von Begriffen, wodurch die Wirklichkeit in die Form der Wissenschaft gebracht werden kann. Es ist das System der mechanischen Begriffe. Alle Veränderung ist nunmehr als mechanische Bewegung zu fassen. Diese mechanische Bewegung trägt einen gänzlich andern Charakter als die Bewegung bei Aristoteles. Sie steht erstens unter mathematisch darstellbaren Gesetzen; dadurch bildet sie eine objektive Realität, einen ursprünglichen, weltbestimmenden Charakter des Seins. Denn die Erkennbarkeit im Verstandesbegriff, der gesetzliche Zusammenhang im Bewuſstsein, das ist das Zeichen der objektiven Wirklichkeit höchsten Grades, das Zeichen, daſs wir es mit Natur im wissenschaftlichen Sinne zu thun haben. Zweitens aber ist erkannt, daſs die Bewegung einen sinnlichen Faktor, ein Intensives der Empfindung einschlieſst, welches in gewissen Formen der Bewegung — als Moment, als Beschleunigung — meſsbar ist.[1] Damit ist die Empfindung mit dem Denken in Beziehung gesetzt, Sensualismus und Rationalismus vereinbar.

[1] Das Maſs der Bewegung ist bei Galilei zunächst nur als auffindbar entdeckt, der mathematische Ausdruck für die verschiedenen Formen der Bewegung als Quantität der Bewegung, als Energie etc. dagegen noch nicht bekannt. Daher konnten wir uns oben nicht bestimmter ausdrücken. Die mathematische Naturwissenschaft der Neuzeit verdankt ihren Ursprung doch jenem Bewegungsbegriffe Galileis.

Es gibt wenigstens eine Art der Empfindung, welche eine mathematische Darstellung zuläfst, nämlich den im Muskelgefühl sinnlich wahrnehmbaren Andrang. Wenn auch die völlig adäquate Form dieser Darstellung noch nicht gefunden ist, so ist sie doch angebahnt. Nunmehr gibt es einen Übergang von der Sinnlichkeit zur rationalen Grundlage der Dinge; der Mensch steht in dem Wechsel der Erscheinungen, in dem sinnlichen Andrang der Kräfte; aber es ist möglich, in diesem Spiel der Kräfte eine gesetzliche Bestimmung zu finden, und diese gesetzliche Bestimmung ermöglicht zu erkennen, welche Grade der Realität den Arten der Sinnlichkeit zukommen. Soviel mathematisch sich formulieren und gesetzlich verbinden läfst, soviel subjektives Sinnenerlebnis wird als Natur objektiviert. Man begreift unter diesem Gesichtspunkte, dafs Galilei die sogenannte Subjektivität der Sinnesqualitäten frühzeitig erkannte. Nur das gesetzlich Darstellbare kann als objektiv bezeichnet werden;[1] darum wird an den sinnlich wahrgenommenen Veränderungen der Körperwelt nur das als objektiv bezeichnet, was durch Begriffe in gesetzliche Beziehung zu bringen ist. Das war zunächst blofs die geometrische Figur, Gröfse, Gewicht; es treten nun die aus der Entdeckung der Bewegungsgesetze fliefsenden Realitäten hinzu; und so gewinnt von der Mechanik aus der sinnliche Vorgang seine volle Realität, die er scheinbar durch die Abstraktion von der subjektiven Empfindung verlor, als objektives Geschehen wieder.

Galilei hat Veränderung als Bewegung objektiviert oder wenigstens das Denkmittel der Variabilität soweit angewendet, dafs auf seinen Prinzipien der Mechanik die neue Naturwissenschaft sich aufbauen konnte. Bei diesem Aufbau konnte sie freilich auch des Denkmittels der Substanzialität nicht entbehren, welches Galilei in einer begreiflichen Einseitigkeit seines Genius aufser acht liefs, so dafs seine Physik mit seiner Mechanik nicht auf gleicher Höhe steht. Galt es ja doch zunächst die Substanzialität der Dinge möglichst aus dem Gedächtnis zu verdrängen, um das Denken daran zu gewöhnen, die Wirklichkeit als Bewegung, als Veränderung, sei es der

---

[1] Vgl. Natorp, *Über obj. u. subj. Begründung der Erkenntnis. Philos. Monatsh.* XXIII S. 274.

Lage, sei es der Geschwindigkeit, nach formulierbaren Gesetzen vorzustellen. Dafs sich GALILEI bei der Untersuchung der Beschleunigung auf diese mechanische Vorstellungsweise beschränkte, hat ihn vor Abwegen bewahrt, auf welche seine Nachfolger gerieten, indem sie aus einer Thatsache der Bewegung eine Ursache derselben, eine mystische beschleunigende Kraft machten.

Dies geschah dadurch, dafs man sich nicht wie GALILEI mit der Konstatierung begnügte, es gibt in der Bewegung eine Realität, die sich als Geschwindigkeit, als Beschleunigung, als Moment — je nach den Umständen — äufsert und formulieren läfst, — sondern dafs man diesen Charakter der Bewegung aufserhalb des bewegten Körpers suchte, dafs man glaubte, ihn wiederum einem bestimmten Subjekte als Eigenschaft zuschreiben zu müssen, das nicht das Bewegte selbst sei. So wurde durch eine falsche Substanzialisierung der Begriff der fernwirkenden Kraft erzeugt und damit eine Reihe unlösbarer Probleme, ja eine verkehrte Naturphilosophie, unter deren Einwirkung wir noch gegenwärtig stehen. Von diesem irreführenden Begriff der beschleunigenden Kraft als äufserer Ursache der Beschleunigung ist GALILEI freizusprechen. Die Beschleunigung beim freien Fall leitete er nicht, wie man heutzutage geneigt ist, aus *einer Summierung von Impulsen einer äufsern Kraft* her, sondern er konstatiert nur die Thatsache der konstanten Geschwindigkeitszunahme; die Summation ist eine *innere* Eigenschaft der Bewegung, nicht eine Wirkung äufserer Kräfte. Die Beschleunigung des freien Falls wird nicht etwa auf eine *Anziehung* der Erde, eine konstante Schwerkraft gegründet, sondern auf das Prinzip der Einfachheit: die Natur bedient sich stets der einfachsten Mittel; „wenn wir aber aufmerksam zusehen, so werden wir keinen einfacheren Zuwachs finden, als den, welcher immer in gleicher Weise hinzutritt.“[1] Die „Kraft“ ist erst eine spätere Hypostasierung der Geschwindigkeitsänderung. Bei GALILEI liegt in der Bewegung selbst ihre Gesetzlichkeit; die Beschleunigung ist das die Bewegung Charakterisierende. Es bedarf keiner Erdichtung äufserer Kräfte. Bewegung erwächst aus

[1] *Op.* III p. 91.

dem innern Gesetze, das sie definiert, und repräsentiert dasselbe in jedem Momente.

Den Begriff der Beschleunigung hat GALILEI formuliert, ohne des Beharrungsgesetzes zu bedürfen. WOHLWILL hat nachgewiesen, daſs er dasselbe nur für die Bewegung auf horizontaler Ebene annahm. Es erscheint hierbei als eine Anwendung des Kontinuitätsgesetzes; die Beschleunigung nimmt ab mit der Neigung der schiefen Ebene; ist die Neigung gleich Null, so verschwindet auch die Beschleunigung, die Geschwindigkeit behält denjenigen konstanten Wert, welchen sie einmal besitzt. Der Körper ist indifferent gegen Ruhe wie gegen Bewegung.

Wir hatten hier den Fortschritt hervorzuheben, welchen die Entwickelung der Denkmittel überhaupt dem galileischen Geiste verdankt. Der Wechsel der Erscheinungen kann nur erkannt werden, insofern er mathematisch darstellbar ist. Durch alle Arbeiten GALILEIS geht das Bestreben, die mathematischen Verhältnisse in den Dingen darzulegen, die Qualitäten durch Quantitäten auszudrücken. Daher durfte er sagen, daſs die Philosophie im Buche des Universums geschrieben stehe in mathematischer Sprache, deren Zeichen Dreiecke, Kreise und andre geometrische Figuren seien.[1] Den Schlüssel zu dieser Sprache hatte er gefunden, indem er den mathematischen Ausdruck für die Bewegung entdeckte. Erst von hier aus konnte die mechanische Naturauffassung DEMOKRITS den rechten Sieg gewinnen; von der Bewegung führte kein Weg zur Empfindung, aber von der Empfindung konnte man zur Bewegung gelangen.

Es ist bekannt, wieviel die Spezialwissenschaft der Mechanik GALILEI verdankt und wie durch diese neuen Erkenntnisse über Geschwindigkeit, Beharren und Zusammensetzung der Bewegung die aus mechanischen Gründen herrührenden Einwände gegen das coppernikanische Weltsystem nicht weniger widerlegt wurden, wie durch GALILEIS astronomische Entdeckungen die aristotelische Verfassung des Kosmos aufgehoben ward. Nachdem die Veränderlichkeit des Himmels und die Analogie der übrigen Planeten mit dem System der Erde

[1] *Il saggiatore. Op.* II p. 247.

durch das Fernrohr nachgewiesen war, konnte der Unterschied von coelestischer und sublunarer Welt nicht mehr aufrecht erhalten werden. Der neue Bewegungsbegriff machte in gleicher Weise die aristotelische Deduktion der Elemente hinfällig. Die Orte der Elemente waren durch die Verschiebung der Erde aus dem Weltcentrum sinnlos geworden, und die neue Einsicht in die Natur des Falles der Körper liefs nicht zu, dafs die Orte wie wirkende Kräfte angesehen würden, oder dafs der Unterschied von leichten und schweren Elementen im aristotelischen Sinne bestehen bliebe. Alle Körper waren schwer und alle fielen gleich schnell, wenn die Fallzeiten gleich waren. Die galileischen Entdeckungen, vom gleichen mathematischen Geiste getragen, griffen ineinander, stärkten sich gegenseitig und stürzten unrettbar das System der substanziellen Formen.

Zweiter Abschnitt.

Galileis Atomistik.

Der Schöpfer der neuen Naturwissenschaft ist für die Entwickelung der Korpuskulartheorie nicht nur durch seinen umgestaltenden Einflufs auf das europäische Denken überhaupt von hervorragender Bedeutung, sondern zugleich als Vertreter einer eigentümlichen Theorie der Materie zu nennen. Indem Galilei das Denkmittel der Variabilität auch auf den Begriff des Körpers anwandte, gelangte er zwar zu höchst interessanten Folgerungen, konnte aber aus Gründen, welche in der Natur der Sache liegen und noch weiter zu erörtern sind, nicht jenen Erfolg erreichen, welcher in der Bewegungslehre möglich war.

Galilei verwirft durchaus die Lehre von der substanzialen Veränderung, derzufolge irgend ein Stoff so verwandelt würde, dafs er notwendig als gänzlich zerstört zu bezeichnen wäre, so dafs nichts von seiner vorherigen Essenz zurückgeblieben und ein von ihm gänzlich verschiedener Körper entstanden sei. Er

nimmt vielmehr an, daſs die Verschiedenheit, welche ein Körper in seiner Erscheinung darbietet, durch bloſse Umlagerung der Teile ohne irgend welche Neu-Entstehung oder Vernichtung erzeugt werden könne.[1] Er setzt dabei voraus, daſs die Materie unveränderlich und immer dieselbe sei, so daſs sie eine ewige und notwendige Art des Seins darstellt, welche der mathematischen Behandlung zugänglich ist.[2] Demnach steht GALILEI ganz auf dem Boden einer mechanischen und zwar kinetischen Atomistik. Die Bewegung ist für ihn eine der Materie ursprüngliche Eigenschaft, und aus den Bewegungen der Körperteilchen sind die physikalischen Erscheinungen zu erklären. Die Eigenschaften, welche der Materie als ihrem Begriffe nach notwendig zuzusprechen sind, bestehen darin, daſs sie als körperliche Substanz begrenzt und gestaltet ist nach dieser oder jener Figur, daſs sie relativ Gröſse besitzt, sich in diesem oder jenem Orte befindet, in dieser oder jener Zeit, in Bewegung oder Ruhe, daſs sie andre Körper berührt oder nicht berührt und eins, wenig oder viel ist.[3] Diese Eigenschaften sind von ihrem Begriffe nicht zu trennen. Daſs sie dagegen weiſs oder rot, bitter oder süſs, tönend oder stumm, wohl oder übelriechend ist, kommt ihr nicht notwendig zu; die sinnlichen Eigenschaften gehören ihr überhaupt nicht an, sondern sie haben ihren Sitz nur in dem wahrnehmenden Körper; sie sind bloſse Namen für Wirkungen, welche durch die verschiedenartigen Berührungen der bewegten Materie mit unsern Sinnesorganen entstehen. So wenig der Kitzel, welchen man bei Berührung des Körpers an gewissen Stellen empfindet, dem berührenden Gegenstande zukommt, in diesem seinen Sitz hat oder von ihm empfunden wird, ebensowenig sind Farbe,

---

[1] *Op.* IV p. 46. — [2] *Op.* III p. 4.

[3] *Il saggiatore.* II p. 340. Per tanto io dico, che ben sento tirarmi dalla necessità, subito che concepisco una materia, o sostanza corporea concepire insieme, ch'ella è terminata e figurata di questa, o die quella figura, ch'ella in relazione ad altre è grande, o piccola, ch'ella è in questo, o quel luogo, in questo, o quel tempo, ch'ella si muove, o sta ferma, ch'ella tocca, o non tocca un altro corpo, ch'ella è una, poca o molta; nè per veruna immaginazione posso separarla da queste condizioni. . . . che questi sapori, odori, colori, ec. per la parte del suggetto, nel quale ci par, che riseggano, non sieno altro, che puri nomi, ma tengano solamente lor residenza nel corpo sensitivo, sicchè rimosso l'animale, sieno levate, ed annichilate tutte queste qualità.

Geruch und so weiter Eigenschaften, die an der Materie haften. Sie würden überhaupt aufgehoben und vernichtet werden, sobald man das lebende Wesen, welches sie wahrnimmt, entfernte.

Mit dieser Auffassung, welche die Sinnesqualitäten für subjektiv erklärt, ist die Möglichkeit gegeben, die denselben entsprechenden Vorgänge in der Materie, da sie nunmehr lediglich auf Bewegung beruhen, mathematisch darzustellen. Das ist die Aufgabe der mathematischen Naturwissenschaft, an deren Lösung sie seit GALILEI arbeitet. Er selbst leistete die Objektivierung der Andrangsempfindung und, durch die Erfindung des Thermoskops, zum Teil diejenige der Temperaturempfindung. Im Übrigen gab er nur Andeutungen darüber, wie etwa die einzelnen Sinne auf das Verhalten der körperlichen Substanzen zurückgeführt werden könnten, da er nichts lehren wollte, was er nicht mathematisch zu beweisen vermochte.[1] Es ist dabei höchst interessant zu sehen, wie auch GALILEI noch unter der Einwirkung der aristotelischen Elementenlehre steht, indem er Tastsinn, Geschmack, Geruch und Gehör auf das verschiedene Verhalten der vier Elemente bezieht. Freilich aber sind die Elemente nicht im aristotelischen Sinne als qualitativ bestimmt aufgefafst, sondern durchaus korpuskular gedacht und durch die Gröfse und Bewegung ihrer materiellen Teilchen unterschieden. Die gröberen Teilchen des Erdelements dürften demnach als die Erreger der verschiedenen Tastempfindungen betrachtet werden. Die kleinsten und feinsten Teilchen senken sich, insofern sie schwerer sind als die Luft, herab und erregen, wenn sie die Zunge treffen, den Geschmack, welcher je nach ihrer kleineren oder gröfseren Menge und Geschwindigkeit angenehm oder unangenehm ist; diejenigen, welche leichter als die Luft sind, steigen nach oben und gelangen in die Nase, (deren Öffnungen daher mit Vorteil nach unten gerichtet sind,) wo sie den Geruch erregen. Erstere dürften dem Element des Flüssigen, letztere den Feuerteilchen

[1] Hierin und in der Gefahr, welche von Seiten der kirchlichen Macht mit der Verbreitung der neuen Lehre verbunden war, erkennt NATORP, welcher auf diese Stelle des *Saggiatore* aufmerksam machte (DESCARTES S. 135 ff.), mit Recht den Grund für die Beschränkung, welche GALILEI sich auferlegte.

entsprechen. Die Luft endlich ist die Trägerin des Schalles, welcher sich nach allen Richtungen in Form von Luftwellen ausbreitet.

In bestimmterer Form ist die mechanische Theorie der Wärme ausgesprochen, welche GALILEI die Veranlassung zu diesem Exkurse über die Subjektivität der Sinnesqualitäten gab. Wärme als Gefühl ist lediglich eine Wahrnehmung im empfindenden Subjekt. In den Dingen selbst ist Wärme nur als Bewegung von Körperteilchen vorhanden, und zwar genügt keineswegs die bloſse Anwesenheit der Feuerteilchen, sondern dieselben müssen in aktueller, lebhafter Bewegung begriffen sein.[1] Ein Körper kann viele Feuerteilchen enthalten und doch kalt sein; erst wenn dieselben frei werden, empfinden wir ihr Eindringen als Wärme. Vermöge ihrer Feinheit und groſsen Geschwindigkeit heben sie den Zusammenhang der Körperteilchen auf und zerstören die Körper oder bringen sie, wie die Metalle, zum Schmelzen, wobei z. B. ihre eigene Kraft durch die Gewalt des Blasebalgs verstärkt werden kann. In einem Stück gebrannten Kalkes sind die Feuerteilchen in den Poren gebunden; bringt man dasselbe in Wasser, so werden dieselben frei und äuſsern sich als Erhitzung.

Die Veränderung des Aggregatzustandes setzt eine Trennung der Teilchen voraus und legt daher die Frage nahe, wie überhaupt der Zusammenhang derselben und ihre Verschiebbarkeit zu denken sei. Wenn es der leere Raum ist, welcher die Korpuskeln trennt, so kann man sich hierbei helfen. Aber GALILEI wollte der antiken Atomistik soweit nicht folgen und das Vacuum nicht zugeben. Er muſste einen andren Ausweg versuchen.

Das Schwierige hierbei war, wie die Erscheinungen der auſserordentlich groſsen Verdichtungen und Verdünnungen zu erklären seien, die man alltäglich beobachten kann. Wie unbegrenzt ist die Verdünnung der kleinen Quantität Pulver in einem Geschütz zu der gewaltigen Feuermasse! Und wieviel gröſser ist wieder noch die Ausdehnung des Lichtes, die man gewissermaſsen unendlich nennen möchte! Wie stark müſste umgekehrt die Verdichtung sein, wenn man jenes Feuer und dieses

---

[1] *Op.* II p. 341, 342.

Licht wieder vereinen könnte! Eine solche Verdichtung darf keineswegs als unmöglich angesehen werden, wenn wir auch für gewöhnlich nur Gelegenheit haben, die Verdünnungen zu beobachten, weil wir die dichten Körper besser behandeln und auflösen können. So verwandeln wir zwar Holz in Feuer und Licht, aber nicht umgekehrt können wir diese zu jenem verdichten. So sehen wir zwar viele Körper sich in Gerüche auflösen, während wir die Geruchs-Atome nicht in ihrer Verdichtung zu festen Körpern beobachten. Aber in Ermangelung der sinnlichen Wahrnehmung muſs hier das Denken ergänzend eintreten, welches uns die Verdichtung als ebenso notwendig wie die Verdünnung begreifen läſst. Wie sind nun aber diese Erscheinungen zu erklären, wenn man weder eine Durchdringung der Körper noch leere Zwischenräume zulassen will? Die Gründe des Aristoteles gegen das Vacuum hält Galilei zwar für widerlegbar; er hat sie, soweit sie sich auf die Bewegung gründen, bestimmt widerlegt, indem er zeigte, daſs die Geschwindigkeit fallender Körper keineswegs ihrem Gewichte entspricht. Er würde daher, wenn nur die Herren Peripatetiker jene Erklärungsgründe zulassen wollten, sich gar nicht als ein so heftiger Gegner erweisen. Da nun aber einmal Durchdringung und Vacuum als Erklärungen ausgeschlossen sein sollen, so hat er sich, ermüdet von der Beharrlichkeit der Aristoteliker, dazu verstanden, eine neue Art der Erklärung auszudenken. Es ist diejenige, welche auf der Annahme unendlich vieler, aber unendlich kleiner Atome beruht.[1]

Galilei benützt seine Hypothese zunächst zur Erklärung der Unterschiede zwischen dem festen und flüssigen Aggregatzustande. Er geht von der Thatsache der Kohärenz der Teile in den festen Körpern aus und sucht sich Rechenschaft darüber zu geben, wie dagegen die Konstitution der Flüssigkeiten zu denken sei. Die Kohäsion der festen Körper führt er auf den Widerstand zurück, welchen die Natur der Bildung eines Vacuums entgegensetzt. Diesen Widerstand (la repugnanza al vacuo) hält er für einen ausreichenden Leim, um das Zusammenhalten der Teilchen eines Körpers zu bewirken. Allerdings

[1] *Op.* III p. 36, 37.

hat dieser Widerstand gegen das Vacuum seine Grenze, wie man daraus sieht, dafs Wasser sich nicht höher als 18 Braccien heben läfst; dann hört der *horror vacui* auf, d. h. er reicht nicht mehr zu, eine längere Wassersäule zu tragen, so wie ein Draht doch auch nur sein eigenes Gewicht bis zu einer bestimmten Grenze tragen kann und abreifst, wenn durch seine Länge diese Grenze überschritten wird. Aber die aufserordentlich kräftige Wirkung des *horror vacui* in vielen Körpern erklärt sich daraus, dafs die Menge der kleinen Zwischenräume zwischen den Teilen des Körpers, durch deren Trennung leere Räume entstehen würden, unzählig ist, wodurch der Widerstand gegen das Vacuum unzählige Male vervielfältigt wird. Denn sehr kleine, aber sehr viele Momente können die gewaltigste Wirkung ausüben. Wenn Seile, an welchen die mächtigsten Lasten hängen, unter dem Einflufs der Luftfeuchtigkeit sich verkürzen, so geschieht dies doch nur durch das Eindringen unzähliger Wasseratome (innumerabili atomi di acqua [1]) zwischen die Fasern der Seile; mögen diese auch noch so straff angezogen sein, die Atome dringen ein und heben, indem sie durch ihre unzählige Menge das Seil verdicken und demzufolge entsprechend verkürzen, jene immensen Lasten.

Das Schmelzen der Körper könnte vielleicht dadurch erklärt werden, dafs die Feuerteilchen in die Poren (welche zu eng sind, um die Teilchen der Luft einzulassen) eindringen und die sehr kleinen leeren Zwischenräume erfüllen. Dadurch wird der Zwang aufgehoben, mit welchem diese Vacua durch die wechselseitige Anziehung die Trennung der Teile hinderten, die Teilchen können sich frei bewegen und die Metalle werden flüssig; sie bleiben es, so lange die Feuerteilchen zwischen ihren Partikeln verweilen. Es wird also hier die Wirkung des Vacuums als eine Spannung zwischen den Partikeln der Körper vorgestellt, welche nachläfst und den Teilen freie Bewegung gestattet, sobald leichtbewegliche Teilchen eines andern Körpers zur Ausfüllung der Lücken vorhanden sind.

Insoweit gehen die Betrachtungen Galileis über die Hypothesen der Korpuskulartheorien noch nicht hinaus. Er glaubte aber nicht dabei stehen bleiben zu können, wenn es sich darum

---

[1] *Op.* T. III p. 13.

handelt, die Flüssigkeit eines Körpers ausreichend zu erklären. Der flüssige Aggregatzustand erscheint GALILEI als etwas vom festen qualitativ Verschiedenes. Die bloſse Annahme einer Veränderung der Qualität wäre aber für GALILEI keine Erklärung, sondern eine mystische Aushilfe. Physikalische Erklärung sieht er nur in der Zurückführung der Qualitäten auf Quantitäten. Wenn nun die Veränderung der endlichen Gröſsen nicht ausreicht zur genügenden Begründung der Erscheinung, so gestattet ihm seine Auffassung des Unendlichkleinen eine Erweiterung des Gröſsenbegriffs, die ein bisher unzugängliches Gebiet für die Anwendung fester Begriffe frei macht.

Man mag einen festen Körper in kleinere und immer kleinere Partikeln teilen, in die feinsten Stäubchen, deren Gröſse bereits weit unter den Grenzen der sinnlichen Wahrnehmung bleibt, — so lange diese überhaupt noch endliche Gröſse besitzen, werden sie auch noch bestimmte Gestalt haben und zählbar sein. Daher aber werden sie in ihrer Ansammlung sich immer nur wie ein Haufen verhalten; wenn sie eine Aushöhlung darstellen, werden die Teilchen vom Rande nicht nach innen zusammenlaufen, gleichviel welche Gestalt sie haben, auch wenn sie rund sind. Wenn sie lebhaft durcheinandergetrieben werden, werden sie plötzlich zur Ruhe kommen, sobald die äuſsere Bewegungsursache aufhört. Beim Wasser verhält sich dies jedoch ganz anders; es gleicht jede Unebenheit sofort aus und behält, in Bewegung versetzt, diese sehr lange bei.

„Hieraus scheint mir mit bestem Grunde geschlossen werden zu können, daſs die kleinsten Teilchen des Wassers, in welche auch immer dasselbe als geteilt angenommen werde (da es im Vergleich zum feinsten Staube eine kleinere, vielmehr gar keine Festigkeit besitzt), sich von äuſserst kleinen und teilbaren Gröſsen durchaus unterscheiden; und ich kann den Unterschied in nichts anderem finden, als daſs dieselben unteilbar sind.“[1] Dafür spreche auch die Durchsichtigkeit des Wassers, während sonst selbst der durchsichtigste Körper seine Durchsichtigkeit um so mehr verliere, je feiner man ihn zerreibt. Gold und Silber bleiben, mit Hilfe des Scheidewassers in feinste Teile gelöst, doch noch staubförmig; flüssig werden

[1] *Op.* III p. 25.

sie erst, wenn die Atome des Feuers oder die Sonnenstrahlen sie, wie ich glaube, in ihre ursprünglichen unendlichen und unteilbaren Bestandteile auflösen."[1]

GALILEI geht dabei von der Ansicht aus, daſs das Wasser absolut durchdringbar sei, d. h. daſs es der Bewegung der Körper überhaupt keinen Widerstand entgegensetze, der aus dem Zusammenhange seiner Teilchen folge; und dies konnte er nur dadurch sich begreiflich machen, daſs er die Extension der Wasserteilchen überhaupt verschwinden, ihre Masse kleiner als jede merkliche Masse werden lieſs. Er schlieſst dies daraus, daſs trübes Wasser sich bei längerem Stehen von selbst klärt. Der Widerstand seiner Teilchen kann nicht einmal jene unmerkbaren, unfühlbaren Staubatome aufhalten, die wegen ihrer geringen Kraft sechs Tage brauchen, um durch einen Raum von einer halben Elle zu sinken.[2] Die hierbei auftretende Verzögerung des Falls rührt nicht von der Kohärenz der Wasserteilchen her; gäbe es eine solche, so könnten groſse Körper nicht durch eine so verschwindende Kraft im Wasser bewegt werden, wie es erfahrungsgemäſs der Fall ist.

Den Übergang vom festen zum flüssigen Aggregatzustand sucht GALILEI durch die fortgesetzte Teilung zu verdeutlichen.[3] Er

---

[1] *Op.* III p. 26. — [2] *Op.* I p. 214.

[3] *Op.* I p. 215, 216: „Es bieten sich nur zwei Arten der Durchdringung der Körper; die eine bei denjenigen, deren Teile kontinuierlich sind und daher Teilung erfordern, die andere bei Aggregaten von nicht kontinuierlichen, sondern nur sich berührenden (contigue) Teilen, wobei nicht Teilung, sondern nur Bewegung notwendig ist. Jetzt bin ich nicht recht sicher, ob das Wasser und die andern Flüssigkeiten als aus kontinuierlichen oder als aus nur kontiguierlichen Teilen bestehend zu denken sind. Ich fühle mich wohl geneigt, sie für aus kontiguierlichen Teilen bestehend zu halten (wenn es nicht in der Natur eine andre Art des Aggregats gibt als die durch Verbindung oder Berührung der Grenzen [estremi]), und dazu wurde ich geführt durch den groſsen Unterschied, den man wahrnimmt zwischen dem Band, das die Teilchen eines festen Körpers verbindet, und demjenigen, das dieselben Teile dieses Körpers verbindet, wenn er flüssig geworden; denn wenn ich z. B. eine Masse Silber oder eines andren kalten Metalls nehme, werde ich beim Teilen in zwei Teile nicht nur den Widerstand fühlen, den man beim einfachen Bewegen wahrnehmen würde, sondern einen andern, unvergleichlich gröſseren, abhängend von jener Kraft, was es auch für eine sei, welche sie zusammenhält; so auch wenn wir die beiden genannten Teile noch in zwei andre zerlegen wollten und so immerfort in andre und noch andre; fortwährend würden wir ähnlichen

beabsichtigt zu zeigen, daſs durch die Zerlegung in indivisible und nach seiner späteren Auffassung in unendlich kleine Teile eine Veränderung der Eigenschaften des Körpers erzielt werde. Dies erklärt auch, wie bei ihm der Gedanke auftauchen konnte, daſs Wärme in Licht durch Auflösung in wirklich unendlich kleine Atome[1] übergehen könne, indem er das Licht als die höchste Stufe der Expansion dachte. Da „Licht" selbst für ihn eine subjektive Eigenschaft bezeichnet, so entspricht also das Substrat desselben dem Lichtäther. Die Ausdehnung zu unendlichen Räumen dachte er sich dabei instantan, während er später eine Fortpflanzung des Lichtes in der Zeit annahm und auch eine Methode zur Messung derselben proponierte.

Wie aber ist es denkbar, daſs die Umwandlung der Natur der Körper, welche die Zerteilung innerhalb des Endlichen nicht leisten kann, durch den Übergang zu unendlich vielen und unendlich kleinen Teilen, zu *atomi non quanti* ermöglicht werde? Um das zu zeigen, weist GALILEI an mathematischen Beispielen nach, wie ein Übergang zum Unendlichen mit einer qualitativen Verwandlung einer Figur verbunden sein könne. So zeigt er am Beispiel des apollonischen Kreises, daſs derselbe in eine gerade Linie übergehe;[2] es ist dieser Kreis bekanntlich der geometrische Ort für alle Punkte, deren Abstände von den Endpunkten einer festen Strecke ein gegebenes Verhältnis haben; nimmt dieses Verhältnis den Wert 1 : 1 an, so

---

Widerstand finden, aber immer geringeren, je kleiner die Teile des zu teilenden Körpers sind; aber wenn wir schlieſslich mit Anwendung der feinsten und schärfsten Instrumente, wie sie die kleinen Teile des Feuers sind, ihn vielleicht in die letzten und kleinsten Teilchen auflösen, so wird in ihnen der Widerstand gegen die Teilung nicht mehr bleiben, auch nicht die Fähigkeit, geteilt zu werden durch Instrumente, die gröſser sind als die Spitzen des Feuers; und welche Säge oder welches Messer, das in das gut geschmolzene Metall getaucht wird, wird etwas zu teilen finden, das bei der Teilung durch das Feuer übrig geblieben wäre? Gewiſs nichts, weil entweder das Ganze schon auf die feinsten und letzten Teile gebracht ist, oder, wenn noch Teile geblieben sein sollten, die noch weiterer Teilung fähig wären, wir dieselbe nicht ausführen könnten, es sei denn mit Teilungsinstrumenten, welche spitziger als das Feuer wären."

[1] *Op.* II p. 342. . . . altissima risoluzione in atomi realmente indivisibili.

[2] *Op.* III p. 25, 26.

wird der Ort die auf der Mitte der Strecke errichtete Senkrechte, während der Mittelpunkt des Kreises ins Unendliche rückt; folglich ist diese Gerade der Grenzfall des Kreises, wenn sein Radius unendlich wird.

Daraus schliefst GALILEI, dafs in der That der Übergang zum Unendlichen eine innere Wandlung der natürlichen Beschaffenheit zu erklären geeignet sei. Ein anderes Paradoxon, das GALILEI schon früher vorgebracht,[1] mag an dieser Stelle erwähnt werden. Es dient dazu, ebenfalls zu zeigen, wie beim Grenzübergange sich die Natur einer Figur verändere, während doch gewisse quantitative Beziehungen auch noch im Unendlichen bestehen bleiben; dafs aber in diesem Fall dieselben nur einen Sinn behalten, wenn die Art und Weise, wie das Resultat des Grenzüberganges erzeugt wurde, festgehalten wird. Während oben das Verhältnis der Abstände von den Endpunkten der Strecke ein bestimmtes endliches bleibt, wenn auch der apollonische Kreis unendlich grofs wird, zeigt GALILEI hier, dafs die Peripherie eines Kreises gleich seinem Mittelpunkte gesetzt werden könne, d. h. dafs die Beziehung der Gleichheit bestehen bleibt, aber, wenn sie nicht richtig verstanden wird, auf einen Widersinn führt. Schneidet man aus einem Cylinder (s. Fig. 9) einen geraden Kegel heraus und schreibt zugleich in jenen eine Halbkugel ein, deren Grundkreis durch die Kegelspitze geht, so trifft jeder zur Grundfläche parallel gelegte Schnitt die erste Figur in einem Kreisringe, welcher dem entsprechenden Parallelkreis der Halbkugel flächengleich ist. Der Grenzfall des Ringes ist die zusammenfallende Grundperipherie des Kegels und Cylinders, der Grenzfall des Kugelkreises ist der Berührungspunkt der Halbkugel, also der Mittelpunkt jenes Kreises. Wie man sieht, beruht die Aporie darauf, dafs Peripherie und Mittelpunkt als unendlich kleine Flächen auftreten. Der Übergang zur Grenze erzeugt eine Veränderung der Qualität, welche aber quantitativ

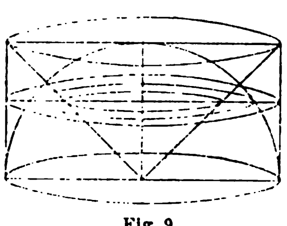


Fig. 9.

[1] *Op.* III p. 18, 19.

ausdrückbar wird, wenn dabei das Gesetz des Entstehens die Definition liefert.

Den Einwand, dafs aus Unteilbaren keine endliche Gröfse entstehen könne, widerlegt Galilei zunächst dadurch, dafs er sagt, aus einer endlichen Anzahl von unendlich kleinen Unteilbaren könne allerdings kein Quantum entstehen, wohl aber aus einer unendlichen. Dem entgegnet Simplicio, dafs alsdann, wenn z. B. die Gerade aus unendlich vielen Punkten bestände, bei der Zusammenfügung zweier Geraden eine Unendlichkeit erzeugt würde, die gröfser sei als eine andere Unendlichkeit. Und hieran knüpft dann Salviati die treffende Bemerkung, dafs das Unendliche überhaupt ein relativer Begriff sei, auf welchen die Begriffe gröfser, kleiner und gleich nicht ohne weiteres angewendet werden können. Dies erläutert er durch den glänzenden Vergleich zwischen der Anzahl der Grundzahlen und der Quadratzahlen. Solange man in der Reihe der endlichen Zahlen bleibt, ist nicht nur die Anzahl der Quadratzahlen kleiner als die der Grundzahlen, sondern es wird sogar das Verhältnis der Zahl der ersteren zu der der letzteren immer ungünstiger, je weiter man in der Zahlenreihe hinaufgeht; unter den ersten 100 Zahlen gibt es 10, unter den ersten 1000 nur 31 Quadratzahlen u. s. w. Trotzdem ist kein Zweifel, dafs jede Zahl eine Quadratzahl bestimmt und dafs man daher beim Fortgang ins Unendliche auch unendlich viele Quadratzahlen finden mufs.[1]

Was die Unendlichkeit der Teile anbetrifft, so gibt Galilei nichts auf den aristotelischen Unterschied zwischen Potenz und Actus, wonach zwar *potentia* unendlich viele, *actu* aber nur endlich viele Teile vorhanden seien, indem er meint, dafs der Übergang von der Potenz zum Actus die Zahl der Teile nicht ändern könne. Das ist der Sinn der potenziellen Unendlichkeit, dafs man im Ganzen soviel Teile antrifft, als eine irgend angebbare Zahl besagt; insofern enthält eine Linie auch unendlich viele Punkte.

Nunmehr entsteht noch die Schwierigkeit, die unendlich vielen Punkte, welche im Kontinuum sind, auseinanderzulegen, ohne das Kontinuum zu trennen. Und dies hält Galilei nicht

[1] *Op.* III p. 21.

nur nicht für unmöglich, sondern nicht einmal für schwieriger als die Teilung in endliche Teile, wenn man nur nicht verlangt, daſs die Punkte voneinander getrennt und auf dem Papier distinkt und einzeln aufgezeigt werden.[1] Zu diesem Zwecke macht er eine höchst geistvolle Anwendung seiner Methode des kontinuierlichen Übergangs vom Endlichen zum Unendlichen, um zu zeigen, daſs eine Linie von gegebener Gröſse sich zu beliebiger Länge ausziehen, resp. verkürzen lasse, ohne daſs das Kontinuum zerstört werde. Es entstehen dabei zwar unendlich viele Lücken, aber da in der Linie unendlich viele Punkte sind, so sind diese Lücken keine endlichen, sondern unendlich klein; der Übergang ist ein kontinuierlicher. Um dies zu verdeutlichen und die Erklärung

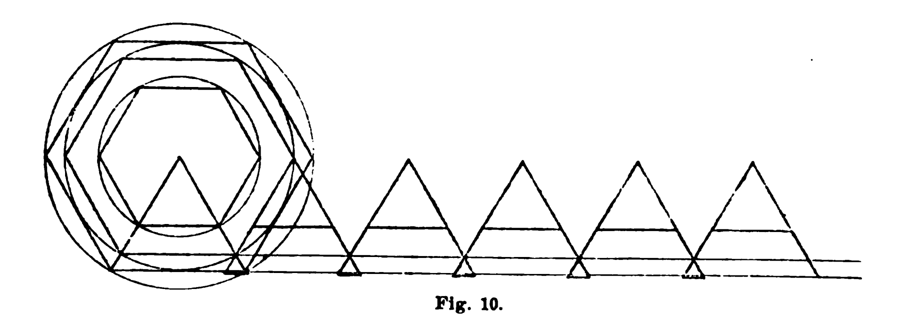


Fig. 10.

der Verdünnung der Körper bei kontinuierlicher Raumerfüllung daran zu knüpfen, benutzt GALILEI die unter dem Namen *Rota Aristotelis* bekannte Aporie.[2] Dieselbe besteht in der Bemerkung, daſs bei der Abwälzung eines Kreises auf einer Geraden die Peripherie jedes konzentrischen Kreises zu einer Geraden von gleicher Länge ausgestreckt erscheint, mag nun sein Radius kleiner oder gröſser als der des ursprünglichen Kreises sein. GALILEI erläutert den Vorgang durch Betrachtung der Umwälzung eines regulären Polygons, und zwar wählt er ein Sechseck. (s. Fig. 10). Es zeigt sich dabei, daſs, wenn man die einzelnen

---

[1] *Op.* III p. 29.

[2] *Op.* T. III p. 14 f. p. 30 ff. — ARISTOT. *Mechanica* c. 24, p. 855a. Vgl. PROSELGER, *Über Aristoteles' mechanische Probleme*, zu C. 25, Abh. d. math. Klasse der k. Akad. d. Wissenschaften zu Berlin, 1829. KÄSTNER, *Gesch. d. Math.* IV, p. 8 f.

Lagen des Polygons untersucht, die Seiten der mitgewälzten Polygone eine Gerade nicht stetig ausfüllen; ist das konzentrische Polygon kleiner als das rollende, so entstehen zwischen den einzelnen Seiten beim Abrollen Lücken; ist es gröſser, so schieben sich die Seiten desselben teilweise übereinander. Denkt man sich nun die Seitenzahl ins Unendliche wachsen, so wird die Zahl der nebeneinander gelagerten unendlich kleinen Seiten und Lücken ebenfalls unendlich, während die Länge der von ihnen gebildeten Geraden stets unverändert bleibt. Es dehnt sich also das eine Mal der kleinere Kreis aus, das andre Mal zieht sich der gröſsere zusammen, und doch bleibt das Kontinuum unversehrt. Denn da die Seiten der Polygone — den Kreis als Polygon von unendlich vielen und unendlich kleinen Seiten aufgefaſst — jetzt unendlich klein und der Vorrat an diesen Punkten unerschöpflich ist, so haben bei dem kleineren Kreise die entstehenden Lücken keine Gröſse mehr — sie können beliebig klein gemacht werden — und bei dem gröſseren Kreise entsteht keine wirkliche Durchdringung oder Bedeckung, wie bei den Seiten eines endlichen Polygons, weil die unendlich kleinen Seiten der Quantität ermangeln.

Hier meint GALILEI ein Analogon zur Zusammenziehung und Ausdehnung der Körper entdeckt zu haben. Denn dieselbe Betrachtung läſst sich auch von Flächen und Körpern anstellen, wenn man sie aus unendlich vielen Atomen ohne endliche Gröſse (d'infiniti atomi non quanti) bestehend ansieht. Was wir in endliche Teile teilen, kann ohne Dazwischenlagerung leerer Räume oder andrer Materie nicht gröſsern Raum einnehmen, aber mit unendlich kleinen Partikeln können wir mit Hilfe unendlich kleiner und vieler leeren Räume jeden Raum ausfüllen. So läſst sich z. B. die Ausdehnung des Goldes ohne Annahme endlicher leerer Räume erklären, wenn man nur zugibt, daſs das Gold aus unendlich vielen Unteilbaren zusammengesetzt ist (composto d'infiniti indivisibili).

Bei dieser Gelegenheit erhebt der konservative Aristoteliker des Dialogs, SIMPLICIO, warnend seine Stimme: Man könnte glauben, daſs dies geraden Wegs auf die zerstreuten leeren Zwischenräume eines gewissen alten Philosophen herauskommen solle, wenn nicht das fromme und strenggläubige Gemüt des Redenden dafür bürge, daſs er sich fern von dergleichen Ketzereien halte.

Der seltsame Lösungsversuch, mit welchem Galilei an das Problem der veränderlichen Dichtigkeit der Raumerfüllung herantritt, ist für seine Denkweise sehr bezeichnend, wenn man die ihm anhaftende Dunkelheit durch die Analogie der galileischen Lösung des Bewegungsproblems aufzuhellen sucht. Es zeigt sich dabei, daſs das mathematische Beispiel nur erläuternd wirkt, nicht aber zu einer mathematischen Fassung des Begriffs der Raumerfüllung führt, wie eine solche dem Bewegungsbegriff in so fruchtbarer Weise durch Galilei erteilt worden war. Die Konsequenz des Gedankens ist unbestreitbar. Die Veränderung des Körpervolumens ist zu erklären ohne Aufhebung des Kontinuums; d. h. das Kontinuum der Materie selbst ist zu denken als fähig einer Änderung der räumlichen Extension. Nun ist aber Änderung im Kontinuum begrifflich nur faſsbar durch das Denkmittel der Variabilität, indem jeder unendlich kleine Teil, das Raumelement, gedacht wird als noch den Charakter der Körperexistenz besitzend, wenn auch seine räumliche Ausdehnung verschwunden ist. Sowie der Bewegungsbegriff entdeckt und damit das Intensive der Empfindung objektiviert wurde, indem unter Abstraktion von der Zeitextension das Gesetz der stattfindenden Lageänderung, wie es die intensive Wirkung einschlieſst, im unendlich kleinen Zeitmoment vorgestellt wird, so soll auch im Raumpunkte noch ein Gesetz der Raumerfüllung, eine intensive Gröſse, ein Körperelement oder dynamisches Atom vorgestellt werden. Infolgedessen löst sich das Kontinuum auf in eine Unendlichkeit intensiver Punkte, welche in ihrer Gesamtheit materielle Extension vorstellen, während jeder für sich keine bestimmte Raumgröſse, wohl aber eine bestimmte Position (als materieller Punkt) vertritt; und da in jedem endlichen Raumteile noch unendlich viele Punkte sind, so wird auch bei einer Volumenänderung doch kein endlicher Sprung entstehen können.

Hätte Galilei den Versuch weitergeführt, um ebenso, wie er das Zeitelement mit einer quantitativ meſsbaren Bewegungsintensität erfüllte, auch der im Raumelement vorgestellten Erfüllungsintensität quantitativen Wert zu verleihen, so wäre er notwendig auf die Vorstellung von Kraftcentren gekommen. Denn das Maſs der Undurchdringlichkeit oder der Raumerfüllung kann doch nur gegeben sein in der Gröſse des Wider-

standes, welcher der Durchdringung geleistet wird. Eben dieses Maſs hatte GALILEI an der Bewegung entdeckt. Er hätte es jetzt im Raumpunkt hypostasieren und damit jene äuſsere Ursache einer Kraft einführen müssen, die er bei der Bewegung als eine *qualitas occulta* ausschlieſsen wollte. Erst der newtonischen Physik war dieser Fehlgriff vorbehalten. Es läſst sich nicht leugnen, daſs diese Übertragung der Intensität auf den Raumpunkt einer der Wege ist, den zu verfolgen lohnt, und daſs er gewissen Teilen der rechnerischen Physik groſse Vorteile gebracht hat. Der Genius eines GALILEI blieb frei von den metaphysischen Deutungen der Epigonen, wenn auch GALILEI nicht der Versuchung widerstehen konnte, in obiger Erklärung wenigstens anzudeuten, wie zu seiner Bewegungslehre eine Analogie in der Körperlehre möglich sei.

Man erkennt indes, daſs die Anwendung des Denkmittels der Variabilität auf das Raumelement das nicht leisten kann, was sie leisten soll; sie hat ihre Kraft in der Fixierung der dynamischen Bewegung im Zeitelement, vermag aber das Raumelement nicht zur Materie zu machen. Das Intensive der Bewegung ist die einzige Realität, als welche die Empfindung im Raum objektiviert wird. Die Raumerfüllung selbst erfordert keine neue Realität, sondern ist selbst auf Bewegung zurückführbar.[1] Daſs der Raum erfüllt ist und daſs erfüllte Räume ihren Bewegungszustand abändern, sind Thatsachen der Erfahrung, welche mit ihrem erkenntniskritischen Ursprunge in derselben Einrichtung des Bewuſstseins wurzeln. Um sie begrifflich darzustellen, bedarf es nicht einer andern intensiven Gröſse, als wir sie schon in der Bewegung haben, sondern nur der Verbindung derselben mit den Grundsätzen der Substanzialität und Wechselwirkung. Will man Raumerfüllung und Bewegungsursache im Charakter jedes Raumpunktes suchen, wie es die dynamische Atomistik des 18. Jahrhunderts that, so muſs man den Raumpunkten die Eigenschaften der Expansion und Kontraktion, d. h. abstoſsende und anziehende Kräfte beilegen. Mit dieser Annahme kann man aber nur einen Teil der physikalischen Probleme bewältigen; sie reicht aus zur Darstellung der Bewegungen innerhalb homogener Systeme.

[1] Vgl. m. Abh. *Zur kinet. Atomistik V. f. w. Ph.* IX S. 137 ff.

Aber schon die Wechselwirkung fester und flüssiger Körper, der Übergang der Aggregatzustände, geschweige die chemischen Erscheinungen, erfordern die Darstellung von Bewegungen endlicher Raumkomplexe, von Massen als Ganzen. Und zu dieser Individualisierung der Materie zu abgeschlossenen Körpern gibt es von der rein dynamischen Theorie aus keinen Übergang. Die Physik kann des Korpuskels oder des endlich ausgedehnten Atoms nicht entbehren, dessen Begriff auf dem Denkmittel der Substanzialität beruht. Die Thatsachen der Erfahrung zeigen, daſs wir mit unserm Leibe mitten zwischen den bewegten Körpern stehen, sie zeigen also die Raumerfüllung von Anfang an diskontinuierlich. Von diesen durch das Denkmittel der Substanzialität als ganze, endlich ausgedehnte Raumteile fixierten Einheiten hat die Betrachtung auszugehen, wenn sie einheitliche Substrate der Bewegung, feste Körpermassen gewinnen will.[1] Daſs denselben intensive Raumerfüllung zukommt, ist dann darauf zurückzuführen, daſs sie bewegt sind, wobei die Gröſse und Gestalt der bewegten Teile (Atome) bestimmt wird nach dem Bedürfnis der mathematischen Naturwissenschaft, die Einheit (Substanzialität) der bewegten Teile aber eine erkenntniskritische Bedingung ist. Nicht im Charakter der einzelnen Raumpunkte, sondern im Charakter der Bewegung ganzer Raumteile sieht daher die kinetische Atomistik die ursprüngliche Realität sowohl der Raumerfüllung als der Lageänderung der Raumteile. Das Prädikat gemeinsamer Bewegung der Teile eines Raumquantums kann nur durch das Denkmittel der Substanzialität ihm beigelegt werden, so daſs ein einheitliches Massenteilchen entsteht; läge die Bewegungstendenz als Expansivkraft im einzelnen Raumpunkte, so wäre es unmöglich zu begreifen, wie einer Summe solcher Punkte einheitliche Bewegung zukommen könnte. Der physische Körper unterscheidet sich vom geometrischen Raum dadurch, daſs ihm, resp. seinen den Umständen nach entsprechend klein angenommenen Teilen (aber nicht Punkten), die intensive Gröſse der Bewegung anhaftet. Die Bewegung geht im Kontinuum des Raumes vor sich und ihr Substrat sind die begrifflich als diskontinuierliche Einheiten fixierten Raumteile.

[1] Vgl. d. Abschn. über Bruno, I S. 384–386.

Daſs Galilei durch das Denkmittel der Variabilität auch den Begriff der Körpersubstanz zu bewältigen gedachte, lag daran, daſs er die Körper irrtümlich und unter dem nachwirkenden Einflusse des Aristoteles als kontinuierlich auffassen zu müssen glaubte, statt sich hierin an Demokrit anzuschlieſsen und Atome und Vacua von endlicher Ausdehnung zuzugeben. Es verführte ihn die Gewalt, welche er über den Begriff des Unendlichkleinen erlangt hatte. Er beging dabei, nur in entgegengesetzter Richtung, denselben Fehler, wie Giordano Bruno; dieser hatte den Atombegriff, der ihm als *Minimum* so groſse Dienste der Erkenntnis geleistet, auf das Kontinuum des Raumes und der Geometrie zu Unrecht übertragen; ebenso übertrug Galilei zu Unrecht den Begriff der unendlichen Teilbarkeit auf die Materie. In den *atomi non quanti* wiederholte er zum Überfluſs noch einmal denselben Abstraktionsprozeſs, der bei der Bewegung dazu gedient hatte, das Intensive von der Extension der Zeit zu sondern. Hierzu liegt aber kein Bedürfnis vor. Im Raume kann diese Sonderung nicht noch einmal vollzogen werden, da sie in diesem bereits durch die räumliche Bewegung gewährleistet ist, welche den bewegten Teilchen intensive Realität verleiht. Nur an der Bewegung wird die Empfindung objektiviert; im unendlich kleinen Zeitmoment kann man die Tendenz des Fortganges als intensive Gröſse fesseln. Im Kontinuum des Raumes dagegen ist ja der betrachtete physikalische Körper nicht eine flieſsende, sondern eine beharrende Erscheinung; alles Veränderliche, alle dynamische Wirkung haftet an der Zeit. Am Raume verliert das Denkmittel der Variabilität seinen Sinn als Erzeugungsmittel der Physik; wohl können die Teile und Dimensionen des Raumes als veränderlich gedacht werden, aber dadurch entsteht nur Geometrie und Phoronomie; wohl kann man die Extension annullieren, aber man behält keine physische Realität übrig, welche man bereits beim Fixieren des Zeitmoments vorweggenommen hat. Das Intensive, welches man im Zeitmoment aus dem Kontinuum der Empfindung löst, ist zwar jedesmal an einem bestimmten Orte lokalisiert,[1] aber man kann es doch

[1] Vgl. auch Schuppe, *Erk.-th. Log.* § 94—96. § 135 u. m. Abh. über Galilei, *V. f. w. Ph.* XII S. 463 f.

nur einmal in den Begriff aufnehmen, seine räumliche Bestimmung ist von der zeitlichen nicht zu trennen. Der trügerische Schein, als bliebe auch im Raumpunkt noch ein Intensives, rührt davon her, daſs man in der Raumerfüllung noch etwas andres sehen will, als die Tendenz zur Bewegungsänderung, deren Begriff man doch schon vorher vom Körper abgesondert hat. Innerhalb des Raumbegriffs wirkt das Denkmittel der Substanz und erzeugt das extensive Atom; das der Variabilität verleiht ihm in der Bewegung den intensiven Charakter der Raumerfüllung (als Energie) und erzeugt im Vereine mit dem der Kausalität und Wechselwirkung die Gesetzlichkeit des kontinuierlichen Verlaufs der physischen Welt.

GALILEI war es nicht gelungen, mit der Grundlage, welche er durch die Objektivierung der Bewegung für die Naturwissenschaft schuf, zugleich auch dem Begriff des Körpers eine entsprechende Vollendung zu geben. Sein Genius erforderte eine Ergänzung durch eine andre Richtung des Denkens, und diese leistete DESCARTES. Die Gedankenkreise dieser beiden kongenialen Männer, welche sich für die Geschichte der Wissenschaften in der glücklichsten Weise vereinigten, muſsten für ihre persönliche Auffassung auseinandergehen, so daſs diese Divergenz bei dem jüngeren von ihnen, dem Systematiker DESCARTES, fast als eine Abneigung zum Bewuſstsein kam. Was GALILEI fehlte, die zureichende begriffliche Fixierung des Substrats der Bewegung, die Erfassung des physischen Körpers durch das Denkmittel der Substanzialität, das eben besaſs DESCARTES, und es mag sein, daſs gerade seine gröſsere, wenn auch ihm selbst nicht bewuſste Abhängigkeit von übermittelten Begriffssystemen ihn befähigte, in seinem mechanischen System den Begriff des substanziellen Korpuskels aufrecht zu erhalten. Aber zur Vollendung der Naturphilosophie mangelte ihm wieder derjenige Teil des physikalischen Denkens, welchen GALILEI ausgebildet hatte, die Erkenntnis des Intensiven in der Bewegung als der Realität des Körperlichen. Die Kontinuität der physikalischen Veränderungen vermochte er daher nicht herzustellen. Der physische Körper ist ausgedehnte und bewegte Substanz von intensiver Realität. DESCARTES gedachte den Begriff desselben durch Ausdehnung, Substanz und Bewegung, GALILEI durch Bewegung und inten-

sive Realität allein fixieren zu können. Damit ist der Gegensatz dieser grofsen Denker, ihre Beschränkung und ihr Verdienst in Kürze zusammengefafst. Die Geschichte der Korpuskulartheorie hat sich nicht für den einen oder den andern zu entscheiden, sondern ihren beiderseitigen Beitrag zur Lösung des Körperproblems festzustellen.

Dritter Abschnitt.

Descartes.

1. Seine Lehre.

Der methodische Gang des cartesischen Denkens verdeckt häufig den geschichtlichen Ursprung seines Materials. Man findet in den *Règles pour la direction de l'esprit* und im *Discours de la méthode* mit einer Klarheit, die nichts zu wünschen übrig läfst, den logischen Zwang entwickelt, durch welchen DESCARTES von den Prinzipien seiner analytischen Methode aus zur Behandlungsart der einzelnen Wissenschaften, insbesondere zu seiner mechanisch-mathematischen Naturauffassung geführt wurde. Aber indem DESCARTES alle Gegenstände der Erkenntnis unter diesen methodischen Gesichtspunkt stellt, unterliegen dieselben einer Umformung, welche die Spuren der Wege verwischt, auf denen sie dem Geiste des Denkers zugeflossen sind. Sowohl der empirische Zusammenhang, in welchem DESCARTES bei seinen langjährigen, sorgfältigen Beobachtungen den reichen Stoff seiner Gedankenwelt gewann, als auch die Abhängigkeit desselben von der historischen Überlieferung und der zeitgenössischen wissenschaftlichen Arbeit ist im Interesse der systematischen Deduktion verdunkelt. Es erklärt sich daraus einerseits, dafs man DESCARTES häufig in einen nicht berechtigten Gegensatz zur empirischen Richtung der Philosophie gebracht hat, andrerseits, dafs man seine Gleichgiltigkeit gegen die Entdeckungen andrer Forscher und seine mitunter schroffe

Ablehnung fremder Resultate auf persönliche Eitelkeit und Überhebung zurückgeführt hat, während sie nur in dem Vertrauen auf seine Methode beruhte, die sich ihm in unbestreitbarer Weise bewährt hatte.

Für die Geschichte der Korpuskulartheorie ist es von höchster Bedeutung, wie das physikalische System ihres eigentlichen Begründers und bedeutendsten Vertreters sich im Geiste desselben entwickelt hat, weil nur durch die Erkenntnis dieser Entwickelung die Kontinuität im Fortschritt der Korpuskularphysik deutlich werden kann. Es ergäbe sich sonst ein unverständlicher Sprung über das zweite Viertel des 17. Jahrhunderts, bis im Jahre 1644 DESCARTES' *Principia* als ein fertiges System auftreten. Gerade DESCARTES hat, die Welt fliehend und seine Physik ihr absichtlich vorenthaltend, sein System völlig ausreifen lassen, und neben ihm finden wir in jenen Jahren keine bemerkenswerte Förderung der Korpuskulartheorie in der Öffentlichkeit, soviel auch im privaten Verkehr der Gelehrten dieselbe diskutiert werden mochte. Bevor wir jedoch die einzelnen Einflüsse auf die Genesis der cartesischen Korpuskularphysik aufsuchen und darzustellen vermögen, ist es notwendig, die vollendete Korpuskulartheorie, wie sie mit den *Principien* in die Geschichte der Wissenschaft eintrat, ausführlich vor Augen zu stellen und dabei diejenigen Punkte besonders zu berücksichtigen, welche für die Fixierung des Körperbegriffs wesentlich sind.

Die analytische Methode DESCARTES' beginnt bekanntlich mit dem Zweifel an allem und findet erst in der Selbstgewiſsheit des inneren Geschehens den Angelpunkt der Wirklichkeit, in der Klarheit und Deutlichkeit der Vorstellung das Kriterium der Wahrheit.

Es gibt keine Einsicht, an der wir nicht zweifeln könnten, auſser der einen, daſs wir sind, indem wir denken; *cogito ergo sum.* Selbst wenn wir über unsre eigene Existenz zweifeln, sind wir uns doch dieses Zweifels bewuſst und beweisen eben damit, daſs wir existieren. Nun aber finden wir in uns die Idee Gottes als eines vollkommenen Wesens; da wir als endliche, unvollkommene Wesen nicht diese Idee aus uns selbst haben können, so folgt, daſs auſser uns noch ein absolutes Wesen existiert, von welchem uns diese Idee gegeben ist. In

Gott besitzen wir eine notwendige Bedingung der sicheren Erkenntnis überhaupt; es ist nicht möglich, dafs seine vollkommene Wahrhaftigkeit uns täuschen könne in dem, was wir als wahr vollständig klar und deutlich erkennen. Durch diese Gewifsheit der klaren und deutlichen Erkenntnis wird uns die Existenz zweier Substanzen verbürgt. Substanz ist nämlich dasjenige, was zu seinem Bestehen keines andren Dinges bedarf; demnach ist zunächst Gott die einzige Substanz; unter allem Geschaffenen aber gibt es zwei Dinge, welche zu ihrem Dasein keines andren bedürfen als Gottes Beistand und die wir klar und deutlich erkennen. Es sind die körperliche Substanz und die denkende Substanz.[1]

Die Natur der körperlichen Substanz wird gebildet durch die Ausdehnung in die Länge, Breite und Tiefe.[2] Die Zeit, die Ordnung und die Zahl sind keine Substanzen, auch gehören sie nicht zur körperlichen Substanz, sondern zur denkenden, von welcher sie Modi (Zustände) sind.[3] Wir bemerken ferner an den Körpern eine Reihe von Eigenschaften, wie Härte, Gewicht, Farbe u. dgl.; aber alle diese sinnlichen Eigenschaften gehören nicht zur Natur des Körpers, sondern zum Wesen unsrer Vorstellung. Wir würden keine Härte fühlen, wenn bei der Bewegung unsrer Hände alle von ihnen berührten Körper mit derselben Geschwindigkeit zurückwichen, ohne dafs dadurch die ausweichenden Körper ihre Körpernatur verlören. Dasselbe gilt von den andern Eigenschaften der Körper; wir können dieselben von dem Körper abtrennen, so dafs nichts übrig bleibt als die räumliche Ausdehnung.[4] Diese räumliche Ausdehnung ist Substanz, ist das Wesen des Körpers.

Hieraus ergeben sich sofort mehrere wichtige Folgerungen und eine Frage, deren Beantwortung für die cartesische Philosophie verhängnisvoll ist.

Die Folgerungen sind zunächst diese: 1) Es gibt keinen leeren Raum; 2) die Körper (Materie) sind bis ins Unendliche teilbar; 3) es gibt nur eine, aber ins Unendliche ausgedehnte

---

[1] *Principia philosophiae*, pars I, 51, 52. — In den *Principien* citiere ich Teil und Paragraph, den lateinischen Text nach *Opera omnia*, Francof. a. M. 1697. Die übrigen Werke nach *Oeuvres*, p. V. COUSIN, Paris 1824.

[2] *Princ.* I, 53. — [3] *Princ.* I, 55. — [4] *Princ.* II, 4.

Welt, in welcher ein stofflicher Unterschied von Himmel und Erde insofern nicht existiert, als die körperliche Substanz in allen Teilen der Welt ein und dieselbe ist.

Die Frage ist diese: Worin besteht der Unterschied zwischen den einzelnen Körpern und dem Raume, d. h. wie differenziert sich die allgemeine körperliche Substanz der Ausdehnung zu den einzelnen sinnenfälligen Körpern?

Ein Vacuum im philosophischen Sinne, d. h. einen Raum, in welchem sich keine Substanz befindet, kann es nach DESCARTES nicht geben, da Ausdehnung des Raumes und Substanz identisch sind.[1] Auch der leere Raum besitzt Ausdehnung und demnach substanziellen Inhalt, das Wort leer hat also bei DESCARTES nur den relativen Sinn, in welchem man im gewöhnlichen Leben von einem leeren Gefäfse, einem leeren Schiffe und dgl. spricht, indem man darunter ein Gefäfs oder Schiff versteht, in welchem sich nicht solche Gegenstände befinden, wie man sie erwartet. Es ist damit aber nicht ein Gefäfs etc. gemeint, in welchem absolut nichts ist, sondern nur ein gleichgiltiger Inhalt, wie Luft, Wasser, Ballast etc. statt des erwünschten und brauchbaren Inhalts. Würden in einem Raume nicht blofs die wahrnehmbaren, sondern absolut alle Körper fortgenommen, so wäre dies gleichbedeutend mit einer Aufhebung dieses Raumes, einem Zusammenstürzen der Grenzen desselben.[2] Diese absolute Erfüllung des Raumes hindert jedoch nicht, wenn es nötig sein sollte, den raumerfüllenden Stoff sich so su denken, dafs er die Bewegung der Körper weder fördert noch hindert; diese Indifferenz des Raumes in Bezug auf die darin bewegten Körper ist ja offenbar das, was man mit dem Begriffe eines leeren Raumes ausdrücken will.[3]

Die Auffassung des Raumes als Substanz hebt aber nicht nur das Vacuum, sondern auch die Möglichkeit des Atoms auf. Denn da der Raum zweifellos ins Unendliche teilbar ist, so mufs es in gleicher Weise der Stoff sein, welcher mit ihm identisch ist; seine Teile sind in Gedanken teilbar, und folglich nach dem Prinzip, dafs das klar und deutlich Erkennbare wahr ist, auch in Wirklichkeit. „Ja selbst wenn wir annehmen, Gott habe bewirken wollen, dafs ein gewisser Teil des Stoffes nicht

---

[1] *Princ.* II, 16. *Le monde Oe.* IV p. 231. — [2] *Princ.* II, 19. — [3] *Princ.* III, 60.

weiter geteilt werden könne, so würde man diesen darum nicht eigentlich unteilbar nennen dürfen. Denn wenn Gott auch bewirkt hätte, dafs jener von keinem seiner Geschöpfe geteilt werden könnte, so konnte er sicherlich doch sich selbst diese Macht, zu teilen, nicht nehmen, weil es ganz unmöglich ist, dafs er seine eigene Macht vermindere. Also bleibt, absolut gesprochen, der Stoff immer teilbar, weil er seiner Natur nach so beschaffen ist."[1] Wir werden indessen bald sehen, wie DESCARTES trotz dieser entschiedenen Verwerfung der Atome und des leeren Raums diese Hilfsmittel der physikalischen Anschauung sich gleichwohl zu bewahren weifs.

Wir kommen nun zu der Frage nach der Differenzierung des Stoffes. Da es in der ganzen Welt nur ein und denselben Stoff giebt, dessen einziges Erkennungszeichen die Ausdehnung ist, so müssen alle an ihm klar erkennbaren Eigenschaften sich daraus herleiten lassen, dafs er teilbar und in seinen Teilen beweglich ist.[2] Es gibt keine andre Veränderung als die räumliche Bewegung der verschiedenen Teile der ausgedehnten Substanz, und alle physikalischen Erklärungen müssen auf diese zurückgeführt werden. Bewegung aber ist aufzufassen als „Überführung eines Teiles der Materie oder eines Körpers aus der Nachbarschaft derjenigen Körper, welche ihn unmittelbar berühren und als ruhend betrachtet werden, in die Nachbarschaft andrer Körper." Wodurch aber, fragt man jetzt, unterscheidet sich ein Teil des Stoffes vom andren, was bewirkt die Abgrenzung des Stoffes in Teile, da doch in der blofsen räumlichen Ausdehnung kein Unterschied einzelner Teile liegt? DESCARTES antwortet: „Ich verstehe hier unter einem Körper oder einem Teile der Materie alles das, was auf einmal (gleichzeitig) übergeführt wird, wenn es auch seinerseits aus vielen Teilen besteht, die untereinander verschiedene Bewegungen haben; und ich gebrauche den Ausdruck „Überführung" und nicht „Kraft" oder „Aktion", welche überführt, um zu zeigen, dafs die Bewegung immer dem Bewegten und nicht dem Bewegenden angehört,

[1] *Princ.* II, c. 20. KIRCHMANNS Übersetzung S. 56, 57.
[2] *Princ.* II, 24. Vgl. *Epist.* I, 67. *Oe.* X p. 193 ff.

eine Unterscheidung, die in der Regel nicht sorgfältig genug festgehalten wird."[1] Ein Teil ist, was nicht sich zu trennen in Aktion ist,[2] und die Trennung besteht in der Verschiedenheit der Bewegung.[3] Man darf nicht glauben, daſs eine gröſsere Kraft dazu gehöre, einen ruhenden Körper zur Bewegung als einen bewegten zur Ruhe zu bringen;[4] doch handelt es sich hier gar nicht um diese Frage, sondern nur um die Thatsache einer relativen Verschiebung der Körper untereinander. Die Überführung der Körper, d. h. die Thatsache, ob sie bewegt sind oder nicht, kann nur beurteilt werden in Bezug auf die benachbarten Körper, welche zu diesem Zwecke als ruhend betrachtet werden müssen; es zeigt sich dabei, daſs ein Körper in demselben Zeitpunkte auch nur eine einzige Bewegung haben kann, weil sie nur nach den angrenzenden Körpern zu bemessen ist, die ihrerseits für jeden Zeitpunkt bestimmt sind.[5] Allerdings kann ein Körper gleichzeitig an verschiedenen Bewegungen teilnehmen, wie die Bewegung der Räder einer Uhr teilnimmt an der Bewegung des sie tragenden Menschen, des Schiffes, auf welchem sich dieser befindet, des Meeres und der Erde selbst — aber wenn man die Bewegung nicht auf einen absoluten Ort, sondern auf die benachbarten Körper bezieht, so ist es immer möglich, dieselbe eindeutig für einen bestimmten Teil der Materie zu definieren. Als ruhend ist ein Körper anzusehen, wenn er den angrenzenden Körpern gegenüber keine Verschiebung erleidet. Dabei kann die ganze Oberfläche, welche den Körper begrenzt, in fortwährender Veränderung sein, wenn nur der umgebene Körper seine Lage zu den andern Körpern, die als unbewegt gelten, nicht ändert.[6]

---

[1] *Princ.* II, 25: Ubi per unum corpus sive unam partem materiae intelligo id omne, quod simul transfertur; etsi rursus hoc ipsum constare possit ex multis partibus, quae alios in se habeant motus; Et dico esse translationem, non vim vel actionem, quae transfert, ut ostendam illam semper esse in mobili, non in movente, quia haec duo non satis accurate solent distingui.

[2] *Le monde Oe.* IV, p. 228 je prens pour une seule partie . . . . tout ce qui est joint ensemble, et qui n'est point en action pour se separer.

[3] *Le monde Oe.* IV p. 249. — [4] *Princ.* II, 26.

[5] *Princ.* II, 27, 28, 29. Vgl. zur Relativität des Bewegungsbegriffs bei DESCARTES auch LUDWIG LANGE, *Die geschichtliche Entwickelung des Bewegungsbegriffs* etc. in WUNDT, *Philosophische Studien*, Leipzig 1886. III S. 369 ff.

[6] *Princ.* II, 15.

Diese Festsetzung ist für DESCARTES äufserst wichtig, denn nur dadurch ist er imstande, aus der allgemeinen, fliefsenden Ausdehnung zu Körpern zu kommen. Er sieht also von aller dynamischen Wirkung der Körper ab und beschränkt sich allein auf die phoronomische Verschiebung der Raumteile. In dieser findet er die Bestimmung über die Körpergrenzen. Das Substrat gleichzeitiger Verschiebung bildet einen Körper; wo zwei verschiedene Bewegungen aneinander, oder, wie man es auch auffassen kann, wo Bewegtes an Ruhendes grenzt, da ist die Grenze des Körpers, da sind verschiedene Teile des Stoffes. Zwei gleichartig bewegte Raumteile bilden einen einzigen; ruhende Teile des Stoffes sind nebeneinander nicht zu unterscheiden, müssen zusammenfliefsen. Nur die relative Bewegung ist dasjenige, was die allgemeine körperliche Substanz differenziert.

Da der Raum vollständig erfüllt ist und wegen der Identität von Ausdehnung und Substanz keine Verringerung des Volumens der Stoffe in irgend einem Raumteile stattfinden kann, sondern dieselben Stoffe immer gleiches Volumen behalten, so ergibt sich, dafs der Grundcharakter aller Bewegung ein kreisförmiges Strömen sein mufs.[1] Es mufs nämlich jeder Körper behufs der Bewegung einen andern Körper aus seinem Orte verdrängen, dieser desgleichen, und so fort, dafs der letzte Körper wieder in den Ort des ersten eintritt. Sind die Querschnitte des so geschlossenen Ringes überall gleich, so hat die Bewegung keine Schwierigkeit; ist dies nicht der Fall, so mufs die Ungleichheit der Querschnitte sich dadurch ausgleichen, dafs an den verengten Stellen die Materie mit gröfserer Geschwindigkeit strömt, so dafs die durchpassierende Menge überall konstant bleibt; denn eine Verdichtung gibt es ja nicht.

Die allgemeine Ursache aller Bewegung ist Gott, welcher die Materie zugleich mit der ihr zukommenden Bewegung und Ruhe erschaffen hat. Obwohl die Bewegung nur ein Modus an der bewegten Substanz ist, so kommt ihr doch eine bestimmte Quantität zu, welche in der ganzen Welt stets die

---

[1] *Princ.* II, 33.

gleiche bleibt, wenn sie sich auch bei den einzelnen Teilen verändert.[1]

Das Maſs dieser Bewegung, wodurch sie sich als unveränderlich in ihrer Summe erweist, hängt sowohl von der Geschwindigkeit als von der bewegten Materie ab, so daſs die Quantität der Bewegung konstant bleibt, indem bei der Bewegung eines gröſsern Teils der Materie die Geschwindigkeit entsprechend kleiner ist, und umgekehrt. Es ist die Unveränderlichkeit Gottes, welche die Unveränderlichkeit der Bewegungsgröſse und Aktion im Weltall verbürgt.[2] Die Bewegung der einzelnen Körper regelt sich nun durch die Gesetze, nach welchen die Bewegung übertragen wird. Hier gibt DESCARTES eine klare und bündige Darstellung des Beharrungsgesetzes.[3] Ein ruhender Körper bleibt in Ruhe, ein bewegter in Bewegung, so lange nicht äuſsere Ursachen (causae externae) den Zustand verändern. Die Beharrung der Bewegung besteht darin, daſs jeder bewegte Körper sich in gerader Linie fortzubewegen sucht; es folgt daraus, daſs ein im Kreise geschwungener Körper vom Mittelpunkte fortstrebt.[4] Wenn zwei Körper zusammentreffen, so ändert sich bei demjenigen Körper, welcher die geringere Kraft der geradlinigen Fortbewegung besitzt, nur die Richtung der Bewegung, während die Bewegung selbst sich unverändert erhält. Das ist der Fall bei harten Körpern. DESCARTES meint hier, wie aus dem Spätern hervorgeht, mit jener „Kraft“ die Bewegungsgröſse, das Produkt aus Masse und Geschwindigkeit, und nimmt an, daſs der Zusammenstoſs eines Körpers mit einem schwerer beweglichen eine bloſse Veränderung der Richtung zufolge hat, welche auf die Bewegungsgröſse ohne Einfluſs ist. Diese Abtrennung der Richtung vom Maſse der Bewegung ist der Fundamentalfehler in den Bewegungsgesetzen DESCARTES'. Er lehrt weiter, daſs ein Körper, dessen Kraft gröſser ist, den schwächern mit sich fortbewegt und dabei soviel von seiner Bewegung verliert, als er dem andern mitteilt. Man sieht hier den eigentümlichen Widerspruch, in welchen DESCARTES gerät; denn da beim Zusammenstoſs zweier ungleicher Körper doch immer

[1] *Princ.* II, 35. *Le monde, Oe.* IV p. 254, 256. — [2] *Princ.* II, 40–42.
[3] *Princ.* II, 37. — [4] *Princ.* II, 39.

auf den schwächer bewegten das erste Gesetz, auf den stärkern das zweite Gesetz anzuwenden ist, so ergibt sich eine Verschiedenheit der Wirkung und der Gegenwirkung. Die Unkenntnis des Gesetzes von der Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung hebt den Vorteil auf, welchen DESCARTES mit der Erkenntnis der Beharrung der Bewegungsgröfse erreicht hatte, und läfst es ungewifs, welche Bewegung thatsächlich eintreten wird. Indessen versucht er aus seinen Annahmen über die Übertragung der Bewegung sämtliche Vorgänge in der Körperwelt zu bestimmen.[1] — Es kommt nun darauf an, genauer zu erkennen, worin die Einwirkung der Körper an ihrer Begrenzung besteht. Denn die allgemeinen Bewegungsgesetze modifizieren sich nach der Natur der Körper, je nachdem dieselben weich oder hart, flüssig oder fest sind. DESCARTES hat die Aufgabe, diese empirischen Unterschiede aus der blofsen Verschiedenheit der ursprünglichen Bewegung der Materie zu erklären, da es ja keine andern Qualitäten gibt. Wir betrachten daher die Hypothesen, welche er zu diesem Zwecke über die elementare Beschaffenheit des Stoffes aufstellt.

Wenn es auch unzweifelhaft ist, dafs Gott die Welt von Anfang ab in aller Vollkommenheit geschaffen hat, so ist es doch für unsere Erkenntnis besser, dieselbe als das Resultat einer Entwickelung zu betrachten und zu untersuchen, in welcher Weise das, was wir in der sichtbaren Welt antreffen, aus gewissen einfachen Prinzipien abgeleitet werden kann.[2] Es wurde bereits dargelegt, dafs eine beliebig teilbare und thatsächlich in zahllose Partikeln geteilte, in der ganzen Welt gleichartige Materie besteht, deren Teile bei ihrer äufserst verschiedenartigen, aber in geschlossenen Bahnen vor sich gehenden Bewegung dem Gesetze von der Erhaltung der Bewegungsgröfse unterworfen sind. Über die Gröfse der Teile und die Form der Bahnen läfst sich a priori nichts aussagen; wir haben darüber freie Verfügung und müssen diese so treffen,

---

[1] Er entwickelt *Princ.* II. 45—52 im Speziellen sieben Gesetze des Stofses, auf die wir hier nur verweisen. Dieselben s. bei ROSENBERGER II S. 102. Zum obigen vgl. auch WOHLWILL, *Beharrungsges.* S. 155 f.

[2] *Princ.* III, 45.

dafs die daraus zu ziehenden Folgerungen mit der Erfahrung übereinstimmen.[1]

DESCARTES stellt folgende Hypothese auf: Der gesamte Stoff ist ursprünglich in möglichst gleich grofse Partikeln geteilt, deren Gröfse in der Mitte liegt zwischen der Gröfse der Teilchen, aus denen jetzt einerseits der Himmel, andrerseits die Gestirne bestehen.[2] Es ist dies eine äufserst minimale Gröfse. Die Teilchen haben eine doppelte Bewegung. Sie rotieren jedes für sich um ihren eigenen Mittelpunkt, sind aber aufserdem in kreisförmiger Bewegung begriffen, und zwar bilden sie im ganzen so viel verschiedene Wirbel, als es Gestirne gibt; jeder Fixstern und entsprechend jeder Planet bildet den Mittelpunkt eines gröfsern, resp. eines von diesem umfafsten kleinern Wirbels.[3] Aus diesen einfachen Voraussetzungen sollen sämtliche physikalische Thatsachen hergeleitet werden. Es ist diese Annahme zwar nicht die einzige, welche die Erklärung der Naturerscheinungen zuläfst, aber sie scheint DESCARTES die einfachste zu sein, da sie mit Ausnahme der ungleichmäfsigen Verteilung der Fixsterne keinerlei andre Ungleichheit in der Gröfse oder Bewegung der Teilchen voraussetzt.[4]

Durch die Bewegung der Partikeln, welche anfänglich offenbar nicht Kugelgestalt haben konnten, haben sich dieselben gegenseitig abgerieben, bis sie rund wurden. Dadurch entstanden Teilchen andrer Art; durch Zersplitterung äufserst feine Teilchen, die sich mit ungeheurer Geschwindigkeit bewegen; durch Zusammenballung gröbere Massen von langsamerer Bewegung. Jene heifsen Teilchen der ersten, diese Teilchen der dritten Art der Materie, die durch Abreiben rund gewordenen Teilchen, die ursprünglichen Träger aller Bewegung, bilden die Materie zweiter Art. Die Reihenfolge ist dabei bestimmt nach der aufsteigenden Gröfse und der ab-

---

[1] *Princ.* III 46. Es mag gleich hier bemerkt werden, dafs also DESCARTES durchaus nicht spekulative Physik treibt, sondern genau wie die exacte Naturforschung bei der Hypothesenbildung verfährt und sich lediglich durch die Erfordernisse der Erfahrung leiten läfst. Nur sieht er sich leider zu einer fortwährend wachsenden Zahl von Hypothesen gezwungen.

[2] Über die Abweichung hiervon in *Le monde* s. d. folg. Kapitel.

[3] *Princ.* III. 46. — [4] *Princ.* III, 47.

nehmenden Geschwindigkeit der Teilchen. Es ergibt sich danach folgende Elementenlehre.[1]

1. Materie erster Art, erstes Element, Feuerelement, Sonnenstoff. Äufserst feine Teilchen, in endloser Zersplitterung begriffen, daher von keiner bestimmten Gröfse und Figur, sondern geeignet, jeden Raum, jedes Winkelchen zwischen den Korpuskeln der andern Elemente auszufüllen. Die Bewegung dieser Teilchen ist äufserst schnell und von so grofser Heftigkeit, dafs die Teilchen dadurch in jeder Form zersplittert und zum Eindringen in jeden Zwischenraum geeignet werden. Dies Element bildet die feinste und durchdringendste Flüssigkeit der Welt und denjenigen Stoff, aus welchem die Sonne und die Fixsterne bestehen.

2. Materie zweiter Art, zweites Element, Luftelement, Himmelsstoff. Kleine Korpuskeln von Kugelgestalt, an Gröfse noch weit unter der Grenze des sinnlich Wahrnehmbaren, mit grofser Geschwindigkeit in weiten Wirbeln sich bewegend. Sie erfüllen den Weltraum und vermitteln zwischen Sonne und Planeten.

3. Materie dritter Art, drittes Element, Erdelement, Planetenstoff. Gröbere Teilchen von verschiedener Gestalt, wenig zur Bewegung geeignet, bilden die uns umgebende Körperwelt, Erde, Planeten und Kometen. Keines der Teilchen besitzt irgend welche Qualitäten aufser Gröfse, Gestalt und Bewegung.

In Bezug auf das Verhältnis dieser drei Elemente zu den gewöhnlich als Feuer, Wasser, Luft und Erde bezeichneten Körpern sei vorläufig nur bemerkt, dafs das Feuer in Form der Flamme entsteht, wenn Teilchen des dritten Elements (Erdstoff) von Teilchen des ersten (Feuerstoff) umgeben sind, Luft dagegen, wenn Erdstoffteilchen von Teilchen des zweiten Elements (Luftstoff) eingeschlossen sind, so dafs sie deren Bewegungen leicht folgen können; das Wasser enthält neben Teilchen des zweiten namentlich biegsame Teilchen des dritten Elements.

Das zweite Element, welches mit seinen äufserst kleinen Kügelchen den ganzen Weltraum erfüllt, ist von Anfang an

[1] *Princ.* III, 48—52. *Le monde*, *Oe.* IV, p. 237 ff.

in Rotation um gewisse Centren begriffen, so daſs es in Wirbel von ungeheurer Ausdehnung zerfällt. Jedem Fixstern entspricht ein solcher Wirbel. Die erste Materie, welche aus den Splittern der zu Kugeln abgeschliffenen Teilchen besteht, hat alle Zwischenräume zwischen den Kügelchen ausgefüllt, und der entstandene Überfluſs sammelte sich im Centrum des Wirbels, von welchem die abgeschliffenen Kügelchen sich durch die Centrifugalkraft entfernten, so daſs sich im Mittelpunkt der Wirbel äuſserst flüssige, aus dem mit ungeheurer Geschwindigkeit bewegten ersten Elemente bestehende Körper, die Sonne und die Fixsterne, bildeten. Die Axen der an Gröſse sehr verschiedenen Wirbel oder Weltsysteme haben sehr verschiedene Richtungen, so daſs im allgemeinen die Pole des einen Wirbels in der Nähe der äquatorialen Teile der benachbarten Wirbel liegen. Da nun die Centrifugalkraft an den äquatorialen Teilen am stärksten ist, so wird in diesen Gegenden die feine erste Materie (der Feuerstoff) aus dem einen Wirbel in die Polgegenden der benachbarten gedrängt, so daſs ein Austausch des ersten Elements zwischen den verschiedenen Wirbeln stattfindet. Es besteht also ein unaufhörliches Strömen des ersten Elementes von den Polen der Wirbel nach dem Mittelpunkte und von diesem nach dem Äquator[1] hin, wo der Stoff in die Pole eines andern Wirbels eintritt. Die Kugeln des zweiten Elements, welche eine geringere Geschwindigkeit besitzen und durch ihre Gröſse weniger frei sich bewegen, wie der alle Poren leicht durchdringende Feuerstoff, werden teils durch das Vordringen dieses, namentlich aber durch die gegenseitige Beschränkung der Wirbel selbst in den Grenzen des eigenen Wirbels festgehalten. Die gegenseitige Einwirkung der Teilchen des ersten und zweiten Stoffes führt dabei zu ziemlich komplizierten Bewegungen innerhalb des Wirbels, deren Festsetzung in so allgemeinen Zügen, wie es DESCARTES thut,[2] nicht ohne Willkürlichkeiten geschehen kann.

---

[1] DESCARTES nennt den Äquator des Wirbels „Ekliptik", weil dieser die Ebene der Erdbahn enthält. Es ist jedoch für unsere Vorstellung bequemer, den Ausdruck Äquator als Gegensatz zu Pol zu gebrauchen, um die Rotationslage zu bezeichnen.

[2] *Princ.* III, 69—86.

Der Stoff des ersten Elements, welches zur Ausfüllung aller Zwischenräume zwischen den andern Körpern dient, bewegt sich nicht gleichmäfsig in seinen Teilen, sondern es bestehen oft in einer kleinen Anzahl derselben unendlich verschiedene Grade der Geschwindigkeit. Die einzelnen Stückchen dieses Stoffes können anfänglich nicht gröfser gewesen sein als die Ecken, aus deren Abstofsung sie sich bildeten, oder als der Raum, den drei sich gegenseitig berührende Kügelchen in der Mitte frei liefsen.[1] Jedenfalls werden diese Teilchen viele Ecken enthalten und daher leicht aneinander hängen bleiben, wobei sie ihre Bewegung gröfstenteils an die kleinsten Teilchen des Stoffes übertragen.[2] Es bilden sich dadurch gröfsere Stückchen von Materie, die sich verhältnismäfsig langsam innerhalb der ersten Materie bewegen, und zwar hauptsächlich in der Richtung der Axe von den Polen nach dem Zentrum hin, weil die langsamere Bewegung wohl zu dieser geradlinigen Bahn ausreicht, nicht aber zu dem an den übrigen Himmelsteilen stattfindenden Hin- und Herstofsen der Partikeln. Die gröfseren Teilchen nun erhalten in der Mehrzahl eine besondere Gestalt infolge der häufigen Durchgänge durch die Zwischenräume der Kugeln des Himmelsstoffes. Diese Zwischenräume zeigen einen dreieckigen Querschnitt, und indem die Teilchen sich hier hindurchwinden, bekommen sie selbst einen derartigen Querschnitt, so dafs man sie sich als kleine Säulen von nicht näher zu bestimmender Länge vorstellen mufs, welche an ihrer Oberfläche drei vertiefte, nach Art der Schneckenhäuser gewundene Rinnen haben. Diese Kannelierungen können dabei weiter oder enger ausfallen und auch entgegengesetzten Drehungssinn haben, je nachdem die Teilchen von Norden oder Süden sich durch die Himmelskügelchen hindurchgewunden haben. Diese kannelierten, gedrillten, gerieften oder gefurchten Teile (particulae striatae) spielen eine besondere Rolle bei der Erklärung des Magnetismus. So lange die gerieften Teilchen rings von Himmelsstoff umgeben sind, haben sie keinerlei hervortretende Wirkung; wenn sie aber in das Zentrum der Wirbel gelangen und nun in den lebhaft bewegten Sonnenstoff geraten, so können sie nebst andren eckigen Teilchen die reifsende

[1] *Princ.* III, 87. — [2] *Princ.* III, 89.

Bewegung der kleinsten Teile des ersten Elements nicht annehmen, sondern trennen sich von diesen und ballen sich, da sie leicht aneinander hängen bleiben, zu grofsen Massen zusammen.[1] Diese Massen bedecken dann die Oberfläche des Centralkörpers und bilden an der Sonne die Sonnenflecken. So lange die Masse der Flecken der Bewegung des ersten Elements gegenüber nicht zu grofs ist, wird sie von der letzteren wieder zerrieben und die Flecken werden wieder aufgelöst. Häufen sich aber die zusammengeballten Teile des dritten Elements auf der Oberfläche des Centralkörpers, so kann es geschehen, dafs derselbe von einer mehr und mehr anwachsenden undurchsichtigen Kruste umgeben wird und zu einer festen Kugel erhärtet, die nur noch innen einen feurig-flüssigen Kern besitzt. Gerät das Zentrum eines Wirbels in diesen Zustand, so wird der Wirbel selbst allmählich von den Nachbarwirbeln aufgezehrt, indem die Teile desselben in diese hineingerissen werden, und schliefslich wird der allein übrig gebliebene Centralkörper in einen benachbarten Wirbel, der die andern an Gröfse übertrifft, hineingezogen. Sinkt er — und das hängt von seiner Dichtigkeit ab — in diesen nicht tief hinab, so wird er bei der Umdrehung wieder von andern Wirbeln fortgeführt, und es entsteht ein Komet, welcher die verschiedenen Wirbelsysteme durchwandert. Sinkt er tiefer hinab, so wird er von dem Wirbel in regelmäfsiger Bahn herumgeführt, und es entsteht ein Planet. Auf diese Weise hat sich unsere Erde gebildet. Sie war ursprünglich ein selbständiger Fixsternwirbel, der sich allmählich mit einer erhärteten Kruste umgab und nun von der Sonne in ihren Wirbel hineingerissen wurde.

Zum Verständnis der Erklärung der kosmischen Bewegungen ist hier nachzutragen, dafs die Kügelchen des Himmelsstoffes vom Zentrum aus an Gröfse zunehmen bis zu einer gewissen Grenze (die jedenfalls noch oberhalb des äufsersten Planeten liegt), von welcher an sie gleiche Gröfse haben.[2] Bis zu dieser Grenze nimmt die Geschwindigkeit des Umlaufs fortwährend ab, erreicht ein Minimum und nimmt dann wieder zu bis zur Grenze des Wirbels, so dafs die Teilchen dort etwa dieselbe Geschwindigkeit haben wie die in der Nähe der Sonnen-

[1] *Princ.* III, 93, 94. — [2] *Princ.* III, 82.

oberfläche und ihren Umlauf in wenig Wochen vollenden, während die Zone der minimalen Geschwindigkeit dazu vielleicht 30 und mehr Jahre gebraucht. Die Ursache der größeren Geschwindigkeit in der Nähe der Sonne ist die Triebkraft des Sonnenstoffs, die Ursache derjenigen an der Grenze ist die Centrifugalkraft. Die Himmelskörper, welche die Sonne umkreisen, werden nun durch die Wirbel mit demselben Schwunge (*vis perseverandi in suo motu*, Bewegungsgröße) um die Sonne geführt, welchen die Kügelchen des zweiten Elementes an der betreffenden Stelle besitzen; sie sind nichts andres als feste Körper, welche in einer Flüssigkeit, dem Himmelsstoffe, schwimmen. Daher kann auch DESCARTES sagen, dafs die Erde ruhe, trotzdem sie ihre Bahn um die Sonne beschreibt; denn er hat die Bewegung definiert als eine Verschiebung des Körpers gegenüber den benachbarten Körpern, und diese findet bei der Erde nicht statt, da sie in dem Wirbel ruhend von dem gesamten Wirbel umhergeführt wird. Indem indes nur die Bewegungsgröße des Wirbels der des Planeten gleich ist, die Teilchen des Wirbels selbst aber sich schneller bewegen, unterstützen sie zugleich die Rotation des Planeten im Sinne seiner Revolution.[1]

Wenn nun ein erstarrter Wirbel in den Lauf eines andern gezogen wird, so fragt es sich, wie weit derselbe einsinkt und dem Zentrum sich nähert. Welche Kraft bestimmt die Annäherung oder Entfernung von der Sonne? DESCARTES hat zur Erklärung der Gravitation nur die Centrifugalkraft und die Verschiedenheit seiner drei Elemente zur Verfügung. Die Erklärung der Gravitation nimmt daher einen ähnlichen Verlauf, wie diejenige des Aufsteigens der Körper im Wasser. Es handelt sich nicht um ein Herabziehen nach der Sonne hin, sondern um eine centrifugale Entfernung des übrigen Stoffes, wodurch der Körper herabgedrängt wird. Diejenigen Körper, welche die gröfste Dichtigkeit besitzen, entfernen sich am weitesten von der Sonne (innerhalb des Bezirks des Wirbels, in welchem die Umlaufgeschwindigkeit mit der Entfernung abnimmt), und zwar so weit, bis sie in Regionen von gleicher Dichtigkeit und gleicher Bewegungsgröße kommen. Dadurch

[1] *Princ.* III, 145. Vgl. auch weiter unten S. 119.

wird die konstante Bahn des Planeten um die Sonne bestimmt; denn bei gröſserer Annäherung an die Sonne gerät der Planet unter kleinere Himmelskügelchen, die er an Centrifugalkraft übertrifft; bei weiterer Entfernung kommt er unter langsamere, die seine Bewegung mindern, und zugleich etwas gröſsere, die deshalb die Kraft haben, ihn nach der Sonne hin zurückzustoſsen.[1]

Es ist also wohl zu beachten: während wir, an NEWTONS Gravitationsgesetz gewöhnt, bei der gröſseren Dichtigkeit, caeteris paribus, die stärkere Gravitation nach der Sonne zu erwarten, nähern sich bei DESCARTES die am wenigsten dichten Körper dem Zentrum am meisten. Denn es kommt darauf an, ob die Centrifugalkraft des Körpers gröſser oder kleiner ist als die seiner Umgebung. Ist sie gröſser, so entfernt sich der Körper von der Sonne, ist sie kleiner, so wird er durch ein gleich groſses Volumen des Himmelsstoffes verdrängt, welcher bei gleichem Volumen seiner gröſseren Dichtigkeit wegen gröſsere Centrifugalkraft besitzt, daher von der Sonne fort aufsteigt und den weniger dichten Körper nach der Sonne zu hinabdrängt und zum Sinken zwingt. Unter Dichtigkeit (soliditas) ist dabei die Menge (quantitas) des dritten Elements zu verstehen, welche die einhüllende Kruste des Planeten bildet, in ihrem Verhältnis zu seiner Gesamtgröſse (moles) und Oberfläche.[2] Die translatorische Kraft des Wirbels nämlich in seinem Umlaufe hängt von der Gröſse der Oberfläche des Körpers ab; je gröſser diese, um so mehr Stoff kann auf ihn wirken. Die centripetale Kraft, mit welcher der Körper vom Wirbel nach dem Mittelpunkt hingestoſsen wird, hängt dagegen von dem Volumen desselben ab; denn dieses ist von dem Himmelsstoff, der den Körper verdrängt, zu ersetzen. Die beharrende Eigenbewegung des Planeten, insoweit sie von seiner Trägheit abhängt, bestimmt sich weder nach Oberfläche noch nach Volumen, sondern nur nach demjenigen Teile des Volumens, welcher vom dritten Elemente eingenommen wird. Denn der Stoff ersten und zweiten Elements, welcher sich in den Poren des Körpers befindet, d. h. die Zwischenräume des dritten Elements ausfüllt, ist für die Erhaltung der Eigenbe-

[1] *Princ.* III, 240. — [2] *Princ.* III, 121.

wegung indifferent, da er fortwährend wechselt und dem Körper nicht spezifisch und dauernd angehört.

DESCARTES kommt also hier zu dem Begriffe einer Gröſse, welche für die Erhaltung der Bewegung eines Körpers charakteristisch ist und daher eine wesentliche Eigenschaft des Körpers bildet, und diese Gröſse entspricht ganz dem, was wir unter Masse verstehen. Sie ist der Faktor, welcher neben der Geschwindigkeit in der Bewegungsgröſse eines Körpers auftritt, und welcher bei ein und demselben sinnlichen Körper einen konstanten Wert behält, während die Geschwindigkeit wechseln kann. Wegen dieser Konstanz faſst man diese Gröſse als körperliche Substanz auf, als die Menge träger Materie, welche der Körper enthält, gerade so, wie es hier DESCARTES thut, und das Verhältnis dieser Menge träger Materie oder Masse zu dem von ihr eingenommenen Volumen heiſst Dichtigkeit und bedeutet dasselbe, was DESCARTES *soliditas* nennt. Auch bei ihm sind Masse und Volumen eines Körpers verschiedene Begriffe, wenigstens so lange es sich um die irdischen, aus dem dritten Element bestehenden Körper handelt, und es ist höchst charakteristisch für die Biegsamkeit seiner Hypothese, daſs er zu einer solchen Unterscheidung gelangt, während doch körperliche Substanz und Volumen ursprünglich bei ihm identisch sind. Aber der Unterschied zwischen Ruhe und Bewegung, welcher ihn zunächst zu der Unterscheidung von fest und flüssig und dadurch zur Absonderung der kompakten dritten Materie von dem fusilen ersten und zweiten Element führt, ermöglicht ihm, jetzt dem dritten Elemente gegenüber den von Teilchen des ersten und zweiten erfüllten Raum einfach als leer zu behandeln und so die träge Masse eines Körpers von dem Raume, welchen der Körper einnimmt, zu unterscheiden.

Dadurch wird die Individualisierung der sinnlich wahrnehmbaren Körper möglich und alle Hilfsmittel der Atomistik sind trotz der plerotischen Grundlage der Theorie zur Körpererklärung gewonnen: beliebig kleine und beliebig gestaltete Teilchen von verschiedener Geschwindigkeit, und ein Stoff, der bald als Bewegung bewirkend, bald einfach als Raum erfüllend und die Bewegung nicht beeinflussend sich benutzen läſst. Es tritt dabei eine vielfache Komplikation der

Eigenschaften der einzelnen Elemente ein, und die Begriffe Dichtigkeit und Masse, welche für das dritte Element einen uns leicht verständlichen Sinn haben, behalten diese einfache Bedeutung nicht mehr, sobald es sich um Eigenschaften des ersten und zweiten Elements handelt. Denn diese Bedeutung haben sie nur, insofern der vom ersten und zweiten Element erfüllte Raum als leer betrachtet werden konnte; wo dies nicht mehr der Fall ist, wo es sich um Erklärungen aus den Bewegungen dieser Stoffe selbst handelt, mufs man die Verschiebung der cartesischen Begriffe wohl im Auge behalten. So ist namentlich zu beachten, dafs die Dichtigkeit des Himmelsstoffes eine sehr viel gröfsere ist als die des dritten Elements, indem jedes Kügelchen für sich eine absolute Solidität besitzt, d. h. seinen Raum vollständig ausfüllt.[1] Der „leere", d. h. nicht von sinnlich wahrnehmbaren Körpern erfüllte Raum hat eben bei DESCARTES die geniale Eigenschaft, zugleich als Vermittler aller Bewegung durch die Massenwirkung seiner kleinsten Teilchen aufzutreten. Wir kommen nunmehr zur Erklärung der physikalischen und chemischen Erscheinungen im Speziellen.

Der fundamentale Unterschied ist der schon in der Kosmologie hervorgetretene des Festen und Flüssigen, und alle Eigenschaften der Körper entspringen aus der Vermischung der festen Teilchen dritten Elements mit Teilchen des zweiten, resp. ersten. Der Unterschied zwischen fest und flüssig besteht lediglich darin, dafs die Teilchen der festen Körper untereinander ruhen, die der flüssigen dagegen in den verschiedensten Bewegungen begriffen sind. Die Ruhe erschwert (der Trägheit der Teile wegen) die Trennung der Teile und man kann durchaus keinen Leim aus denken, der die einzelnen Teilchen fester miteinander verbinden könnte, da es ja nur eine Substanz gibt. Die Teilchen der Flüssigkeiten dagegen können sich sehr leicht gegenseitig verschieben, da sie thatsächlich fortwährend in den verschiedensten Richtungen sich bewegen.[2] Ein in der Flüssigkeit befindlicher Körper befindet sich im Gleichgewicht, weil der Stofs der Flüssigkeitsteilchen von allen Seiten und in so raschem Wechsel erfolgt, dafs die einzelnen Stöfse in ihrer Wirkung sich aufheben.

---

[1] *Princ.* III, 123. — [2] *Princ.* II, 54, 55, 56.

Die spezifischen Eigenschaften der verschiedenen Körper erklären sich, aufser durch die Vermischung ihrer Teilchen dritten Elements mit dem Himmelsstoff und Feuerstoff, durch die eigentümliche Gestalt der Partikeln. Man kann die sehr mannigfaltigen Gestalten derselben in drei Hauptarten unterscheiden.[1] Die einen haben gleichsam verschiedene Arme und sind baumartig verästelt, so dafs sie sich leicht aneinanderhängen. Die zweiten sind derber und gleichen eckigen Bruchstücken von verschiedenster Form, vom Würfel bis zur Kugel. Die gröfseren von ihnen sinken durch die Schwere unter die ersteren herab, die kleineren füllen die von den ersten leer gelassenen Poren aus. Die dritte Art ist länglich und hat die Gestalt glatter, unverzweigter Stäbchen. Die Luft besteht aus einer Anhäufung von Teilchen dritten Elements, die so fein und voneinander getrennt sind, dafs sie allen Bewegungen der sie umgebenden Himmelskügelchen folgen. Daher ist die Luft ein sehr verdünnter, flüssiger und durchsichtiger Körper, der aus kleinen Stückchen jeder Gestalt zusammengesetzt ist; die Gestalt der Luftteilchen (dritten Elements) selbst ist ohne Bedeutung, da alle Teilchen sehr rasch rotieren und dabei den hierzu erforderlichen kleinen Kugelraum vollständig ausfüllen, indem sie alle andern Teilchen aus demselben fortstofsen. Je schneller die Teilchen rotieren, um so mehr dehnen sie sich durch die Centrifugalkraft aus, da sie alle biegsam sind wie weiche Federn oder dünne Fäden. Dadurch brauchen sie einen gröfseren Kugelraum zur Rotation, und dies erklärt die starke Ausdehnung der Luft durch die Wärme. Denn Wärme ist nichts anderes als eine beschleunigte, Kälte eine langsamere Bewegung dieser Teilchen. Ebenso folgt hieraus die Elasticität der Luft, da die Teilchen den zu ihrer Rotation erforderlichen Raum zu erhalten resp. wieder zu gewinnen suchen.[2]

Das Wasser enthält zwei Arten von Teilchen dritten Elements, welche von solchen zweiten Elements umgeben sind. Beide Arten sind aus den länglichen Teilchen (dritte Art dritten Elements) entstanden, indem die stärkeren Teilchen

---

[1] *Princ.* IV, 33.

[2] *Princ.* IV 45, 46, 47. Vgl. *Météor. Oe.* V. p. 160 f. 162 f.

starr und steif geworden sind, die dünneren dagegen äufserst biegsam. Diese dünnen, schlüpfrigen, glatten, fadenförmigen Teilchen schlingen sich um die dickeren und steifen und führen sie dadurch bei ihrer schnelleren Bewegung mit sich.[1] Trennen sich die biegsamen Teile von den steifen, so bleiben diese als Salz zurück, während die ersteren für sich allein süsses Wasser darstellen.[2] Auch sind es nur die biegsamen Teilchen, welche bei stärkerer Bewegung des Wassers in die Luft hineingetrieben werden, wo sie die Wasserdünste bilden;[3] diese bestehen lediglich aus Wasserteilchen und können sich daher bei Abnahme der Wärme wieder zu Wasser verdichten.[4] Die starke Ausdehnung des Wasserdampfes beruht auf der lebhaften Bewegung der fadenartigen Teilchen, welche sich beim Rotieren ausstrecken und dadurch mehr Raum einnehmen.[5] Ist die Bewegung der Kügelchen zweiten Elements nicht stark genug, die aalartigen Wasserteilchen untereinander in Agitation zu versetzen, so hängen sie sich aneinander und bilden einen festen Körper; das Wasser erstarrt zu Eis. Wasser und Eis unterscheiden sich nicht anders wie ein Haufen kleiner Aale, die in einem Fischkasten vom Wasser durcheinander getrieben werden, und ein Haufen solcher kleiner Aale, die am Ufer trocken und erstarrt aufeinander liegen.[6]

Überall zwischen den Teilchen dritten Elements sind neben den Splittern des ersten die Kügelchen des zweiten Elements verteilt, welche ihre allgemeine Bewegung möglichst beibehalten. Diese allgemeine Bewegung besteht vornehmlich in der jährlichen Umdrehung um die Sonne und der täglichen um die Erde. Die Umdrehung um die Sonne bewirkt jene die Kügelchen des ganzen Systems beherrschende Centrifugalkraft, einen fortwährenden Druck vom Zentrum in geraden Linien nach aufsen, welcher durch die lebhafte Bewegung des ersten Elements in der Sonne wesentlich verstärkt wird. Dieser Druck, der im kleinsten Zeitraum sich auf jede Entfernung fortpflanzt, ist die *Actio*, welche, wenn sie unser Auge erreicht, Licht genannt wird.[7] Diejenigen Körper, in welchen der Druck der

[1] *Princ.* IV, 36. — [2] *Météor. Oe.* V p. 178 f. — [3] *Princ.* IV, 48.
[4] *Princ.* IV, 64. *Météor. Oe.* V. p. 167 ff. — [5] *Météor. Oe.* V, p. 170.
[6] *Météor. Oe.* V, p. 164. Vgl. hierzu über BASSO I S. 476.
[7] *Princ.* III 63, 64. IV, 28. *La Dioptrique, Oe.* V p. 10.

Himmelskügelchen aufeinander, welcher das Licht darstellt, sich ungehindert fortpflanzen kann, sind durchsichtig. Daher sind alle reinen Flüssigkeiten durchsichtig, weil sie aus so feinen Teilchen dritten Elements bestehen, dafs der Himmelsstoff sich nach allen Richtungen frei um dieselben bewegen kann. Eine Ausnahme bildet das Quecksilber, dessen Teilchen zu grob sind, um die Himmelskügelchen überall durchzulassen, während andre undurchsichtige Flüssigkeiten, wie Blut, Tinte, Milch etc., nicht rein, sondern mit vielen Stäubchen fester Körper vermischt sind. Die harten Körper sind dann durchsichtig, wenn sie bei ihrer Bildung aus dem Flüssigen durchsichtig waren und eine solche Lage der Teilchen beibehalten haben, dafs für den ungehinderten Durchgang des Himmelsstoffes die erforderlichen Gänge offen blieben, während bei opaken Körpern diese Gänge, wenn auch vorhanden, so doch nicht ununterbrochen und frei sind.[1] Um zu erkennen, wie die festen Körper dennoch genügende Wege für den Durchgang des von allen Seiten herkommenden Lichtes haben können, stecke man Obst oder andre genügend grofse und weiche Kugeln in ein Tuch und ziehe dies so eng zusammen, dafs das Obst aneinander klebt und gleichsam nur einen einzigen Körper bildet. Man mag dann diesen Körper drehen wie man will, immer werden feine Schrotkörnchen, welche man darüber schüttet, infolge der Schwere hindurchgleiten, ein Beweis, dafs sich in dem Körper nach allen Richtungen hin genügende Gänge finden. In dieser Weise hat man sich die festen, durchsichtigen Körper zu denken.[2]

Der allseitige Stofs der Himmelskügelchen ist es auch, welcher die Abrundung eines frei in der Luft befindlichen Tropfens zur Kugelform bewirkt, und in ähnlicher Weise stöfst die Gesamtheit des Himmelsstoffes rings um die Erde die Teile derselben nach dem Mittelpunkte.[3] Dies allein erklärt jedoch die Schwere der Körper noch nicht ausreichend, sondern man mufs dabei wieder die centrifugale Tendenz der Kügelchen des Himmelsstoffes in Erwägung ziehen. So kommt DESCARTES zu einer Erklärung der Schwere, welche derjenigen der Gravi-

[1] *Princ.* IV, 16.

[2] In der Widerlegung MORINS *Epist.* I, 59. *Oe.* VII 255, 256. Wiederholt *Princ.* IV, 17.

[3] *Princ.* IV, 19, 20.

tation vollständig analog ist. Wie die Körper um so mehr von der Sonne sich entfernen, je mehr sie Bewegungsgröfse besitzen, so entfernen sich auch diejenigen Körper am stärksten von der Erde, welchen die gröfste Centrifugalkraft zukommt. Das sind aber diejenigen, welche den meisten Himmelsstoff in ihren Poren enthalten; so ist z. B. die Luft ein leichter Körper, da sie sehr viel Himmelsstoff enthält. Die Schwere erklärt sich somit wieder hydrodynamisch. Diejenigen Körper, welche viel Himmelsstoff und daher viel Centrifugalkraft enthalten, steigen auf und drängen diejenigen mit weniger Himmelsstoff herab; erstere heifsen leicht, letztere schwer. Kein schwerer Körper sinkt herab, ohne dafs nicht zugleich ein ebenso grofser leichterer Körper aufstiege, der ihn verdrängt. Die Teilchen des ersten Elements unterstützen dabei die Himmelskügelchen in ihrer leicht-machenden Wirksamkeit.[1]

Die Wärme ist die Bewegung der Teilchen dritten Elements, insofern sie lebhaft genug ist und auf das Gefühl wirkt.[2] Hervorgerufen wird die Wärme hauptsächlich durch das Licht. Die Teilchen dritten Elements liegen bei den irdischen Körpern unregelmäfsig zwischen den Kügelchen des Himmelsstoffes gebettet. Das Licht besteht in dem sich geradlinig fortpflanzenden Drucke der Himmelskügelchen; trifft nun dieser direkt das Ende A eines Teilchen dritten Elements, während dessen anderes Ende B durch andere vorliegende Teilchen geschützt ist, so mufs dieses Ende A dem Drucke folgen und sich in der Richtung des Lichtes bewegen. Da aber die Teilchen dritten Elements in fortwährender Bewegung begriffen sind, so werden sie sich bald so verschoben haben, dafs das Ende A sich bedeckt und B von dem Druck der Strahlen getroffen wird, worauf B sinkt und A sich hebt. So entsteht ein wiederholtes Hin- und Herschwingen der Teilchen, welches der Erhaltung der Bewegung wegen auch noch nach Erlöschen des Lichtdrucks andauert.[3] Je stärker die Agitation der Partikeln, um so höher die Wärme.[4] Dir lebhaftere Bewegung der Teilchen erfordert

[1] *Princ.* IV, c. 21—27. — [2] *Princ.* IV, 29. — [3] *Princ.* IV, 28, 29.

[4] In den *Observationes Meteorologicae et variae quaestiones*, welche FOUCHER DE CAREIL herausgegeben (*Oeuvres inédits* Paris 1859. I p. 78), hat DESCARTES auch die Frage behandelt, die wir bei BASSO u. a. erwähnten: Warum ist der bei geschlossenen Lippen entsandte Atem kalt? Er antwortet vom Standpunkte

zugleich einen gröfseren Spielraum, und daher dehnt die Wärme die Körper aus.[1] Dabei werden auch diejenigen Teilchen von ihren Nachbarn in Bewegung gesetzt, welche vom Lichte nicht direkt getroffen werden, so dafs die Wärme durch die Erregung von Teilchen zu Teilchen fortgeleitet wird.[2]

Für gewöhnlich sind, auch im erwärmten Körper, die Korpuskeln dritten Elements von denen des zweiten umgeben; wird aber durch irgend einen Umstand der Himmelsstoff aus den Poren vertrieben, so dafs das dritte Element sich lediglich von Partikeln des ersten Elements umgeben findet, so entsteht die Flamme, das Feuer. Die Flamme unterscheidet sich von der Luft dadurch, dafs die Korpuskeln dritten Elements vom ersten, statt vom zweiten umgeben sind und daher eine ungleich stärkere Bewegung und Geschwindigkeit erhalten. Jede Veranlassung, welche die Himmelskügelchen wieder zurückführt, so dafs sie die Erdteilchen umhüllen, macht das Feuer erlöschen.[3] Es müssen daher die Erdteilchen des brennenden Körpers hinreichend stark, dicht und bewegt sein, um, vom ersten Element gestofsen, den Himmelsstoff zurückzudrängen. Durch diese Stöfse mufs die Luft vom Feuer abgehalten werden, welche dasselbe sonst auslöscht.[4] Reicht die Kraft des ersten Elements nicht aus, den Himmelsstoff aus der Umgebung zu verdrängen, sondern nur aus den Poren des Körpers selbst, so glüht dieser ohne Flamme.[5] Da immer Teile des dritten Elements als Rauch fortziehen, so ist ein Körper notwendig, welcher stets neue Partikeln dritten Elements liefert; ohne diese Nahrung des Feuers würde das erste Element nicht länger vor dem Eindringen des zweiten geschützt werden.

Das Feuerschlagen erklärt sich nunmehr dieser Theorie gemäfs. Die harten Partikeln des Kiesels enthalten zwischen sich die Kügelchen des zweiten Elements; der kräftige Schlag prefst

---

seiner mechanischen Wärmetheorie, er sei kalt, weil er alle von ihm berührten Körperteile gegen einander herabgedrückt hält; ist er nämlich weniger heftig, so bewegt er sie und ist daher warm, wie ein starker Wind die Äste der Bäume niederbeugt, die sich erst beim Nachlassen desselben zu bewegen anfangen. DESCARTES scheint von dieser bedenklichen Erklärung weiter keinen Gebrauch gemacht zu haben.

[1] *Princ.* IV, 31. — [2] *Princ.* IV, 30. — [3] *Princ.* IV, 82.

[4] *Princ.* IV, 100, 101. — [5] *Princ.* IV, 107.

sie zusammen und drängt diese Kügelchen hinaus, so daſs sich die teilweise zerriebenen Kieselpartikeln plötzlich von Teilchen ersten Elements umgeben und agitiert finden; das aber eben ist die Bedingung zur Entstehung der Flamme.[1]

Das Verhalten der verschiedenen Körper zum Feuer wird erklärt durch die verschiedene Beschaffenheit ihrer Teilchen. Die äuſserst dünnen Teilchen des Alkohols haben zwar Verzweigungen, aber nur so kurze, daſs sie sich nicht aneinander hängen, und die Zwischenräume sind so klein, daſs nur Teilchen des ersten Elements darin Platz haben; daher entzündet sich der Weingeist, während das Wasser mit seinen dickeren, weicheren und kleberigen Teilchen nebst den dazwischen befindlichen Luftkügelchen die Entwickelung des Feuers hindert. Da der Unterschied zwischen festem und flüssigem Aggregatzustand nur in der Ruhe, resp. Bewegung der Teilchen besteht, so erklärt sich daraus das Schmelzen, Sieden, Austrocknen, Verhärten, Verdunsten, Verkalken und Verglasen. Trennen sich die Partikeln der festen Körper gleich leicht voneinander, so schmilzt der Körper; ist die Kraft der Trennung, d. h. die neue Bewegung, so heftig, daſs die Körperteilchen ganz von Teilchen des ersten oder zweiten Elements umhüllt sind (Feuer- oder Luftbildung) so werden die Körper heiſs und siedend.[2] Feine, biegsame und schlüpfrige Teile, welche fester verknüpften untermischt sind, werden ausgestoſsen — das ist das Verdunsten; die restierenden Teile hängen dann fester zusammen und der Körper trocknet und dorrt aus. Je nach der Natur der entweichenden Partikeln bilden diese Ausdehnungen sehr verschiedener Art. Eine einseitige Erwärmung der Oberfläche der Körper bewirkt ihre Verkalkung (die Verwandlung in feines Pulver);[3] wird die Oberfläche der restierenden Teilchen durch die lebhafte Agitation des ersten und zweiten Elements geglättet, so daſs sich die Partikeln nicht mehr bloſs in Punkten, sondern in Flächen berühren, so tritt Glasbildung ein.[4] Sprödigkeit oder Biegsamkeit der Körper hängt davon ab, wie ihre Teilchen verbunden sind, ob nur durch Berührung oder durch Verschlingung der Zweige. In all diesen Fällen erklärt

[1] *Princ.* IV, 84. — [2] *Princ.* IV, 118. — [3] *Princ.* IV, 124.
[4] *Princ.* IV, 125.

DESCARTES chemische und physikalische Eigenschaften der Körper in gleicher Weise durch willkürliche Annahmen über die Gestalt der Teilchen, aus denen sie bestehen. Der Begriff der Molekel, wie wir ihn bei SENNERT und BASSO schon finden, ist hier nicht verwertet, die Teilchen der einfachen Körper sind in den zusammengesetzten nur gemischt, nicht aber zu selbstständigen Gruppen geordnet, welche als neue Partikeln auftreten. So gibt es noch keinen Unterschied zwischen Molekularphysik und Molekularchemie, beides fliefst durcheinander, und der Begriff des chemischen Körpers ist bei DESCARTES kaum entwickelt. Zwar im festen und flüssigen Zustande bleiben die Körper identisch, nur durch die Bewegung der Teile unterschieden. Die Verdampfung jedoch ist eigentlich eine Neumischung der Teilchen, wenn auch die Unveränderlichkeit des zugrundeliegenden Körpers insofern bewahrt ist, als seine Teilchen erhalten bleiben; aber sie werden von andren Partikeln umgeben. Die drei Elemente der Chemiker, Salz, Schwefel und Merkur unterscheiden sich durch die Gestalt ihrer Partikeln; die des Salzes sind scharf und schneidig, die des Schwefels äufserst weich und biegsam, die des Quecksilbers rund.[1]

Scharfsinnig, interessant und wirklich konsequent ist die Erklärung der Elasticität, für welche DESCARTES eine kinetische Theorie aufstellt. Elastisch sind diejenigen harten Körper, deren Teilchen durch unmittelbare Berührung, wie beim Glase, und nicht durch Verwickelung der Zweige verbunden sind. Da sich in ihnen feine Gänge befinden, durch welche der Stoff, der diese selbst gebildet, sich bewegt, so können sie nicht gebogen werden, ohne dafs sich dadurch die Gestalt dieser Gänge änderte. Dadurch wird der durchfliefsende Stoff in seiner Bewegung gehindert und strebt durch den Stofs gegen die Wände der Gänge ihre frühere Gestalt wieder herzustellen. Daher die Elasticität dieser Körper.[2]

Bei dem Durchdrängen durch die Kügelchen des zweiten Elements hatten sich geriefte, schraubenartige Teilchen gebildet, von denen es rechts- und linksgewundene gibt. In der Richtung der Erdaxe sind nun zahlreiche feine Gänge ausgehöhlt, der-

[1] *Princ.* IV, 60–63.
[2] *Princ.* IV, 132. Über die Elasticität der Luft s. oben: II S. 73.

gestalt, dafs die schraubenförmigen Teilchen, je nachdem sie nach der einen oder andern Seite gewunden sind, nur von der einen oder andern Seite durch die Erde hindurchdringen können, die einen nur vom Südpol, die andern vom Nordpol aus. An der Rückkehr durch denselben Gang sind sie durch die widerhakenartige Umbiegung ihrer feinen Zweige verhindert. Durch den umfliefsenden Äther werden dann die durchgegangenen Teilchen wieder nach dem Pole, von welchem sie eingetreten waren, um die Erde herum zurückgeführt. Das Eisen ist nun derjenige Körper, welcher am meisten ähnliche Gänge wie die Erde, und zwar besonders im magnetischen Zustande, besitzt. Durch das Eindringen der Schraubenteilchen in diese Gänge, welches nur ein einseitiges, resp. entgegengesetztes für die entgegengesetzt gewundenen Teilchen sein kann, und die dadurch dem Eisen resp. Magnet erteilten Anstöfse werden die Eigenschaften des Magneten erklärt; jeder Magnet sowie die Erde bildet um sich eine Art von Wirbel, da die Schraubenpartikeln nur zu dem einen Pol ein-, zum andern austreten und auf diese Weise gezwungen sind, durch die Luft zum andern Pol zurückzukehren. So scharfsinnig hier die Verwendung der *particulae striatae* auftritt, ist doch die Theorie so willkürlich und gezwungen, dafs eine weitere Ausführung überflüssig erscheint.[1]

Aus der dargelegten Mannigfaltigkeit der materiellen Korpuskeln und ihrer Bewegungen erklären sich nunmehr die Wirkungen derselben auf unsere Sinne. Dieselben hängen ab von der Natur dieser Bewegungen und von der Natur der Nerven, welche vom Gehirn aus sich wie Fäden nach allen Teilen des Körpers erstrecken. Sie leiten die auf ihre Endigungen treffenden Bewegungen der mit dem Gehirn aufs engste verbundenen Seele zu und erwecken dort die Empfindungen, Begehrungen und Affekte.[2] Hier streift DESCARTES dicht an die Lehre von den spezifischen Sinnesenergieen und vollendet

[1] S. *Princ.* IV, 133—183. Ausführlich stellt SCHALLER die Theorie dar, I S. 272. Vgl. auch HELLER, II, S. 69. Die Theorie der elektrischen Anziehung (*Princ.* IV, 184 f.) beim Glase läfst das geriebene Glas fast einem Polypen ähnlich erscheinen, der bandartige Fangarme (aus dem 1. Element) vorstreckt und wieder einzieht.

[2] *Princ.* IV, 189, 190 ff.

damit seine mechanische Naturerklärung. „Licht, Wärme, Geruch, Geschmack, Ton und die tactilen Eigenschaften, dies alles ist in den Gegenständen selbst nur eine verschiedene Disposition in ihrer Gröfse, Gestalt und Bewegung, oder kann wenigstens nicht anders von uns erfafst werden.“[1]

2. Die Genesis der cartesischen Physik.

Mag auch am 10. November 1619 in der Einsamkeit seines Winterquartiers zu Neuburg an der Donau dem damals dreiundzwanzigjährigen DESCARTES der Grundgedanke seiner analytischen Methode wie eine plötzliche Erleuchtung aufgeblitzt sein, so hat er doch sein ganzes Leben gebraucht, den gegebenen Vorstellungsvorrat seiner Zeit mit Hilfe seines neuen Erkenntnismittels dem Verständnisse zu unterwerfen.[2] Neun Jahre vergingen zunächst, ohne dafs DESCARTES, nach seiner eigenen Angabe,[3] zu den schwierigen Streitfragen der gelehrten Welt Stellung genommen und sich für ein bestimmtes philosophisches System entschieden oder ein neues aufzustellen versucht hätte. Erst als er 1628 nach Paris zurückkehrte, scheint der Entschlufs zur Ausbildung seiner Philosophie in ihm gereift zu sein, zu dessen ungestörter Ausführung er 1629 nach Holland übersiedelte. Hier gewannen die Grundgedanken seiner neuen Physik feste Gestalt; sie wurden bedingend für die Entwickelung seiner Philosophie und sollten vor allem zum Prüfstein seiner Methode dienen. Schon am 8. Oktober 1629 schreibt er an MERSENNE, dafs er sich über fast alle Grundlagen der Physik eine bestimmte Meinung gebildet habe.[4] Seit 1630 beschäftigte er sich mit der Ausarbeitung seiner Physik,[5] welche so gut wie vollendet war, als die Nachricht von der Verurteilung GALILEIS ihn veranlafste, die Veröffentlichung zu unterdrücken. Wir besitzen diese erste Ausarbeitung nicht mehr, sondern aufser dem kurzen Bericht DESCARTES' im fünften Abschnitt des *Discours de la méthode* nur den aus DESCARTES'

[1] *Princ.* IV, 199.

[2] Dieses Kapitel ist zum gröfsten Teile schon veröffentlicht in *V. f. w. Ph.* X. 1886. S. 166—189.

[3] *Oe.* I p. 155. — [4] *Oe.* VI p. 56. — [5] Näheres *Oe.* VI p. 104.

Nachlaſs, von CLERSELIER herausgegebenen Abriſs derselben: *Die Welt oder Abhandlung vom Licht.*[1]

Die tiefe Abneigung, welche DESCARTES gegen alle Streitigkeiten hatte, veranlaſste ihn hierin zu der Vorsicht, seine Beschreibung nicht auf die wirkliche Welt direkt zu beziehen, sondern nur das zu besprechen, was in einer ganz neuen Welt geschehen würde, wenn Gott an einem Orte im Weltraum genügenden Stoff zu ihrer Gestaltung erschüfe und den verschiedenen Teilen dieses Stoffes gewisse Bewegungen erteilte. Der Grundgedanke des Werkes war bereits, das neu entdeckte analytisch-mathematische Verfahren anzuwenden auf einen mechanischen Weltprozeſs. Sein Ursprung war die Einsicht, daſs wir nur in der vollständigen Deutlichkeit und Klarheit unserer Vorstellungen ein Zeichen der Gewiſsheit haben uns nicht zu täuschen, weil sich der Irrtum überall dort verbirgt, wo die klaren Beziehungen sich verlieren. Diese vollkommene Durchsichtigkeit der Beziehungen herrscht aber vor allem in der Mathematik, in ihr gibt es ein sicheres Wissen, in ihr aber auch eine sichere Methode, Aufgaben zu lösen und neue Wahrheiten zu finden. Diese Methode besteht nicht in der überlieferten Weise, die Sätze hinzustellen und alsdann künstlich die Beweise aufzubauen. Die Alten, welche so reiche und tiefe mathematische Wahrheiten uns hinterlassen haben und für die Philosophie selbst mathematische Vorbildung forderten, müssen selbst eine lebendigere Methode gekannt haben, als sie in ihren Beweisen verrieten. DESCARTES glaubt diese Methode zu finden in der Zergliederung des Problems, indem die Beziehungen zwischen Bekanntem und Unbekanntem in ihre Bestandteile zerlegt, hin und her gewendet, umgeformt werden, bis das Unbekannte durch das Bekannte ausgedrückt ist. Das gibt eine allgemeine analytische Methode, welche ebensowohl auf die Geometrie als auf die Algebra angewandt werden kann. Raumgröſsen und Zahlen lassen sich derselben Operation unterwerfen; diese Mathematik aber muſs noch weiter reichen, alles, was überhaupt der Ordnung und dem Maſse unterliegt, das

[1] *L'homme* de RENÉ DESCARTES et *la formation du foetus*, à quoy l'on a ajouté *Le monde ou traité de la lumière* du mesme autheur. 2. Ed. Paris 1677. Die erste Ausgabe erschien 1664. *Oe.* IV p. 213—332.

mufs methodisch erkannt werden können, und es gibt daher eine universelle Mathematik, welche alle Mafsbeziehungen umfafst und erkennen lehrt.[1] Als nächste Anwendung dieser universellen Mathematik bietet sich die Körperwelt dar, welche den Raum erfüllt. Was in dieser Sache des Mafses ist, mufs herausgelöst werden, das Mathematische, als das allein sicher Erkennbare, mufs getrennt werden von den nicht ebenso gewissen Zusätzen andrer Wissenschaften.[2] Jn der Physik ist dies am Körper nur die Ausdehnung in Länge, Breite und Tiefe, sie ist das Quantitative, das wir allein klar einsehen, und sie ist daher als Grundlage der Physik zu nehmen.[3]

So entsteht bei DESCARTES die Einsicht, dafs nur die mathematische Behandlung zur Erkenntnis der Natur führen kann, und wichtige Entdeckungen, welche ihm auf dem eingeschlagenen Wege glücken, ermutigen ihn zur Aufstellung einer allgemeinen Physik.

Durchaus mathematischer und physikalischer Art sind die Anregungen, von welchen die Erneuerung der Wissenschaften durch DESCARTES den Anstofs erhält. Schon sein erstes Werk, das *Compendium musicae,* 1618 zunächst für BEEKMANN privatim geschrieben, war eine Anwendung der Mathematik auf die Akustik. Eine weitere physikalische Benutzung der Mathematik fand in der Optik statt, welche daher schon frühzeitig DESCARTES' Aufmerksamkeit erweckte, wie bereits in seinen Aufzeichnungen aus dem Jahre 1619/20 deutlich hervortritt.[4] Die optischen Werke von DE DOMINIS und KEPLER waren 1611 erschienen; den Einflufs des letzteren auf seine Bildung gesteht DESCARTES selbst brieflich ein.[5]

In seinen *Cogitationes* vom Jahre 1619/20 sagt DESCARTES, dafs die Erkenntnis der Natur nur durch den Vergleich mit den sinnlichen Eindrücken zu gewinnen sei.[6] Von allen sinnlichen Eindrücken aber ist Ausdehnung und Gestalt das den

---

[1] *Règles pour la direction de l'esprit.* 4. *Règl. Oe.* XI p. 223.
[2] *Discours de la Méthode. Oe.* I p. 154.
[3] *Règl. Oe.* XI p. 264, 295, 297.
[4] *Oe. inéd.* p. FOUCHER DE CAREIL, Paris 1859. I p. 46.
[5] *Oe.* VII p. 161. Vgl. NATORP, *Descartes* S. 128 f. Über KEPLERS Betonung der quantitativen Beziehungen s. I S. 354 f.
[6] *Oe. inéd.* I p. 2. Vgl. hierzu *Princ.* IV, 201.

Sinnen Zugänglichste,[1] daher empfiehlt es sich, von allem zu abstrahieren, aufser von diesen Eigenschaften, und auch die Farbenunterschiede als blofse Unterschiede der Gestalt aufzufassen. Läfst sich doch ein mefsbarer quantitativer Unterschied nur in diesen räumlichen Beziehungen angeben.[2] Aufserdem kann man die Annahme verschiedener Bewegungen der Körperteilchen bei der Naturerklärung so wie so nicht umgehen;[3] es ist also ein grofser Vorteil, wenn man auf die Qualitäten überhaupt keine Rücksicht zu nehmen braucht und sich auf die Bewegung der Körper als Ursache aller Naturvorgänge allein beschränken kann. Dafs Bewegung wieder Bewegung hervorbringt, ist begreiflich; es läfst sich aber nicht einsehen, wie die substanziellen Formen der Scholastik oder ihre verborgenen Qualitäten durch Bewegung hervorgerufen werden können oder selbst wieder Bewegung erzeugen sollen. Hieraus entspringt die Einsicht, dafs nur diejenigen Vorgänge als objektiv erkennbar sind, welche sich im Raum und in der Zeit als Gröfse darstellen lassen, dafs demnach das Qualitative der Sinnlichkeit nur subjektive Bedeutung beanspruchen kann.

Diese Überlegung ist das naturwissenschaftliche Motiv zu DESCARTES' mechanischer Naturauffassung, über welche er sich bereits 1628 oder 1629 klar geworden war. In dieselbe Zeit (1628) fällt das Erscheinen des Werkes *De motu cordis* von HARVEY, in welchem die Entdeckung des Blutumlaufs veröffentlicht und damit die Übertragung der mechanischen Auffassung auf die physiologischen Erscheinungen ermöglicht wird. DESCARTES lernte das Werk selbst erst fünf Jahre nach seinem Erscheinen kennen, gerade während er mit der Vollendung seiner Physik sich beschäftigte.[4] Jedoch war er über den Inhalt desselben von MERSENNE schon vorher unterrichtet, und die ausführliche Darstellung des Blutumlaufs im *Discours*, wo er auch HARVEY, mit dem er nicht ganz übereinstimmt, citiert,[5] zeigt, wie wichtig ihm diese Entdeckung für die Bewährung seiner Grundanschauungen war. Überhaupt lehren die Äufse-

---

[1] *Oe.* XI, p. 264. — [2] A. a. O. p. 297.
[3] *Le Monde, Oe.* IV p. 220—222.
[4] *Oe.* VI, p. 235. — [5] *Oe.* I, p. 179 ff.

rungen im *Discours* über physikalische Gegenstände, dafs gerade seine mathematischen und naturwissenschaftlichen Entdeckungen (man denke nur an das Brechungsgesetz[1] und die Erklärung des Regenbogens) für den Ausbau seines Systems, sowie für die Veröffentlichung desselben, zunächst der *Specimina*, von ganz besonderem Einflusse waren.

Auch die mechanischen Entdeckungen DESCARTES' reichen in die früheste Zeit seines Philosophierens zurück. Im Jahre 1620 erfuhr er gesprächsweise von folgender Aufgabe. Ein Stein fällt von A nach B hin, wird aber von der Erde stets mit derselben Kraft angezogen und verliert nichts von derjenigen Geschwindigkeit, welche ihm durch die vorangegangene Anziehung mitgeteilt ist. Hierbei wird nämlich angenommen, dafs dasjenige, was sich im leeren Raume bewegt, sich immer bewege. In welcher Zeit wird die Strecke AB durchlaufen?[2] DESCARTES löste schon damals die Aufgabe in derselben Weise, wie er sie 1632 brieflich mitteilte,[3] woraus es sich erklärt, dafs ihm die GALILEIschen Gesetze der beschleunigten Bewegung, als er sie später kennen lernte, als nichts neues erschienen. In der Voraussetzung, dafs die Bewegung beharrt und die neue Wirkung der Schwerkraft zur früheren hinzukommt, welche DESCARTES ausdrücklich in einem Briefe an MERSENNE vom 18. Dezember 1629 hervorhebt,[4] liegt der Beweis, dafs DESCARTES ebenfalls frühzeitig und bevor er GALILEIS Werke kannte, sich über das Beharrungsgesetz klar war, das er in *Le Monde* formulierte,[5] aber allerdings erst in den *Principien* veröffentlichte. Übrigens durchschaute DESCARTES dies Gesetz in einem allgemeineren Sinne, als es GALILEI gethan.[6] KEPLERS Einflufs auf DESCARTES dürfte auch hier sich bemerkbar machen. Bei seinen Bemühungen, die unverändert sich

---

[1] Vgl. über die Selbständigkeit dieser Entdeckung: KRAMER, *Descartes und das Brechungsgesetz des Lichtes. Abh. z. Gesch. d. Math.*, 4. Hft., S. 233 ff. *Suppl. z. Zeitschr. f. Math. u. Phys.* XXVII. 1882). Die Bemerkungen von ROSENBERGER (II, S. 113) können den KRAMERschen Beweis nicht abschwächen. Vgl. auch HELLER, II, S. 64 f.

[2] *Oe. inéd.* I, p. 16.

[3] *Oe.* VI, p. 216 (Sept. 1632). VIII, p. 205.

[4] *Oe.* VI, p. 75, 76. — [5] *Oe.* IV, p. 211 ff.

[6] Vgl. WOHLWILL, *Beharrungsges.* S. 140 ff.

erhaltende Umlaufs- und Rotationsbewegung der Planeten zu erklären, kam KEPLER zur Annahme einer gewissen Trägheit der Materie, eines Widerstandes, welchen sie der Veränderung der Bewegung entgegensetzt. Aus dieser Trägheit glaubte er die Erhaltung der Lage der Erdachse erklären zu können, auch wies er darauf hin, dafs die Rotation sich um so länger in einem Kreisel erhalte, je schwerer die Materie desselben sei.[1]

Gleichzeitig mit der ersten Einsicht in die Natur des Beharrungsgesetzes und der beschleunigten Bewegung, welche sich DESCARTES infolge der Unterredung mit einem Unbekannten aufthat, erhielt er auch durch den Mathematiker ISAAC BEEKMANN von Middelburg Veranlassung, sich über die Gesetze der Hydrostatik, die für sein späteres System grundlegend waren, ein klares Urteil zu bilden. ISAAC MIDDELBURGENSIS, wie BEEKMANN in der ersten Aufzeichnung DESCARTES' heifst, hatte ihm die aus dem STEVIN entnommene Frage vorgelegt, warum der Druck des Wassers auf die Grundfläche eines Gefäfses von dessen Rauminhalt unabhängig sei.[2] DESCARTES löst diese Frage selbständig, indem er antwortet, dafs das Wasser alle Teile ringsumher in gleicher Weise antreibe, und hervorhebt, dafs es nicht auf die Geschwindigkeit der Teile, sondern auf die „*inclinatio ad descensum in ultimo instanti ante motum*“ ankomme. Hiermit hatte er das hydrostatische Grundgesetz vom Drucke der Flüssigkeiten in seiner Bedeutung durchschaut. Erwägt man die Vervollkommnung der Hydrostatik durch STEVIN († 1620), so sieht man, wie DESCARTES für den Aufbau seines Systems überall passend bearbeitetes Material vorfand.

---

[1] WOHLWILL, a. a. O. S. 146—148. Über KEPLERS kosmologische Theorie s. 5. Buch, 6. Abschnitt.

[2] Dies scheint mir wenigstens dem Sinne der Frage am nächsten zu kommen, doch ist der Ausdruck in DESCARTES' Aufzeichnung ziemlich unklar, da über die Verschiedenheit der Gefäfse nichts gesagt ist, und die Figur alles zu erklären hat; diese zeigt aber nicht, wie zu erwarten, die Gleichheit des Niveaus und der Bodenflächen. STEVIN hatte in seinem Buche „*De beghinselen der weeghconst*, Leyden 1586“, das hydrostatische Paradoxon bereits gelöst Über ein Versehen von FOUCHER DE CAREIL und MILLET (*Hist. de D.* I p. 107) s. m. Abh. *V. f. w. Ph.* X S. 172 Anm. 17.

Aber unter allen diesen Anregungen fehlt noch jede Spur des Bindegliedes, durch welches sie zu demjenigen Natursystem sich zusammenschlossen, das für DESCARTES charakteristisch ist, und welches erforderlich war, um von den mathematisch untersuchbaren Bewegungen einer von sinnlichen Qualitäten frei gedachten Materie zur Erklärung der Naturerscheinungen selbst zu kommen. Es ist dies die korpuskulare Auffassung der Materie. DESCARTES brauchte dieselbe nicht aus antiken Quellen zu schöpfen, auch sie wurde ihm von seiner Zeit wohl vorbereitet entgegengebracht.

Auf welchem Wege gelangte DESCARTES zu seiner Korpuskulartheorie? In den wiederholt erwähnten Aufzeichnungen aus den Jahren 1619/20 findet sich noch keine Spur seiner späteren korpuskularen Physik. Er spricht hier noch von Kaltem und Trockenem, dem er das Warme und Feuchte als das Aktive gegenüberstellt, und sagt z. B.: „Omnis forma corporea agit per harmoniam."[1] Auch bei speziellen Fragen, wie sie ihm durch BEEKMANN nahegelegt wurden, erwähnt er wohl die Erklärung, welche jener über die Ausdehnung des Wassers beim Gefrieren mit Hilfe der *spiritus ignei* gibt,[2] aber von einer Erklärung durch Auseinandertreten der Teilchen oder dergleichen ist nirgends die Rede. Da indessen 1629 die korpuskulare Theorie bei DESCARTES der Hauptsache nach fertig ist, so bleibt kein Zweifel, dafs er in der Zwischenzeit die ihm in Paris gewordenen Anregungen eifrig ergriffen hat. In den Jahren 1619 bis 1624 wurde die Korpuskulartheorie durch SENNERT, BACON, VAN GOORLE, BASSON, D'ESPAGNET, GASSENDI und die Pariser Disputanten neu geschaffen;[3] 1625 bis 1628 lebt DESCARTES in Paris und gewinnt in dieser kurzen Zeit die gesamte Grundlage seiner physikalischen Theorie, indem er sich hauptsächlich mit physikalischen Fragen beschäftigt.[4] Es kann kein Zweifel sein, dafs DESCARTES seine korpuskulartheoretischen Grundlagen unmittelbar aus der in Paris so lebhaft fliefsenden atomistischen Quelle geschöpft hat, wenn uns auch die näheren Umstände nicht bekannt sind. Dafs sich DESCARTES darüber nirgends ausspricht, erklärt sich zur Genüge

---

[1] *Oe. inéd.* I, p. 14. — [2] A. a. O. p. 22. — [3] Vgl. I, 2. Buch.
[4] Vgl. MILLET, *Descartes* I, p. 142.

aus seiner fast übertriebenen Scheu, irgend etwas zu lehren, was ihn mit äuſseren Verboten in Konflikt bringen könnte. Die Atomistik, resp. die Korpuskularphilosophie, war aber durch Parlamentsbeschluſs vom 4. September 1624[1] in Paris bei Todesstrafe verboten worden. Speziell dürfte die von BASSO entwickelte Korpuskularphysik DESCARTES vielfach angeregt haben. Daſs er dieselbe kannte, ergibt sich aus einem Briefe an BEEKMANN vom 17. Oktober 1630, in welchem er BRUNO und BASSO neben TELESIO, CAMPANELLA und VANINI als Neuerer, welche verschiedenartige Meinungen aufstellen, nennt.[2]

In den Prinzipien tritt uns die Annahme seiner ersten, zweiten und dritten Materie, von denen die letztere durch Zusammenbacken der Teilchen der ersteren, die erstere durch Abreiben der Teilchen der zweiten entstanden sei, so fertig entgegen, daſs sich nicht erkennen läſst, wie DESCARTES zu diesen scheinbar unvermittelten Annahmen gekommen ist. Wenn man aber den Entwurf seiner Physik, soweit er in *Le Monde* vorliegt, in Betracht zieht, so läſst sich der Zusammenhang seiner Korpuskulartheorie mit der überlieferten Elementenlehre deutlich erkennen.

DESCARTES schlieſst sich insofern an die Scholastik an, daſs er ein Feuer-Element, ein Luftelement und ein Erdelement anerkennt.[3] In diesen drei Elementen liegt der Ursprung seiner drei Materien. Er stimmt darin der Schule bei, daſs diese Elemente in den irdischen Körpern nicht rein vorkommen, sondern Feuer- und Luftelement immer vermischt sind mit den Teilchen des dritten Stoffes sowie untereinander. Alle drei Elemente sind korpuskular gefaſst, sie bestehen aus Teilchen, welche sich durch ihre Gestalten unterscheiden. Bis hierhin hatte DESCARTES' Korpuskularphysik nichts vor den Erneuerern der Atomistik voraus. Nun aber wird die Abgrenzung dieser Gestalten lediglich durch die Verschiebung der Raumteile gegen einander bestimmt. Mit diesem Gedanken, den er zur Korpuskulartheorie hinzubringt, überschreitet DESCARTES die bisherigen Schranken und legt den Grund zu einer mechanischen Physik. Bewegung ist von jetzt ab die einzige Bedingung des Unterschiedes der Körper. Damit ist ein einheit-

[1] S. I S. 484. — [2] *Oe.* VI p. 146. — [3] *Oe.* IV, p. 238—240.

licher Ursprung der Elemente gewonnen. Das scheinbar Willkürliche im Gegebenen verschwindet, indem die Genesis der Elemente aus der ursprünglichen, alles erfüllenden Materie begreiflich erscheint, sobald man nur annimmt, daſs Gott den einzelnen Teilen dieser Materie besondere Bewegungen bei der Schöpfung mitgeteilt habe.

Die gesamte körperliche Ausdehnung wird in Teile zerlegt, aber diese Teile sind nicht mathematisch abgegrenzt, sondern phoronomisch, insofern sie sich bewegen. Es fällt also die bedenkliche und vielfach erörterte Frage fort, wie eine korpuskular abgeteilte Materie den Raum stetig erfüllen könne; denn wenn die Teilchen in Ruhe sind und von einerlei Art, so können sie nur solche Gestalt haben, daſs ihre Figuren den Raum ganz ausfüllen. Bei DESCARTES aber kommt es auf diese ursprüngliche Gestalt gar nicht an. Die Vorstellung eilt über diesen Schöpfungsakt hinweg und richtet sich sofort auf die unter einander sich verschiebenden und reibenden Korpuskeln, welche bei dieser Bewegung ihre Ecken und Kanten abschleifen und zu gleichmäſsig gestalteten Kügelchen werden.[1] Die Figur der abgeschliffenen Stücke selbst bleibt willkürlich; DESCARTES sagt darüber absichtlich nichts Bestimmtes, hebt vielmehr hervor, daſs dieselben ungeheuer schnell umhergetrieben in jedem Augenblick ihre Gestalt ändern können und dadurch geeignet werden, die Zwischenräume zwischen den Kügelchen auszufüllen.[2] Damit ist ein Stoff geschaffen, dessen Teile bei äuſserster Feinheit die schnellste Bewegung haben und geeignet sind, alle Poren zu durchdringen.

Die Unterscheidung zwischen den Teilchen eines ersten und eines zweiten Elements hat jedoch DESCARTES erst später eingeführt oder wenigstens erst später öffentlich von einer solchen Gebrauch gemacht. In der *Dioptrik* und in den *Meteoren* ist nur zwischen den Partikeln der irdischen Körper, wie Wasser, Erde, Luft, und denen der Lichtmaterie unterschieden,[3] nicht aber zwischen dem ersten und zweiten Element wie in den *Principien*. Diese beiden Elemente sind in den *Essais*

---

[1] Auffallend ist hier die Ähnlichkeit mit den *ἄναρμοι ὄγκοι* des ASKLEPIADES VON BITHYNIEN, s. I S. 213.

[2] *Oc.* IV p. 239. — [3] *Oe.* V p. 159.

noch vereinigt, als gebildet aus den kleinsten und raschesten Teilchen des Stoffs, und weisen so deutlich auf ihren gemeinsamen historischen Ursprung hin, den überlieferten Begriff des Feuer- und Ätherstoffs, als der aus den kleinsten Teilchen bestehenden Materie. DESCARTES glaubte wohl, diese Unterscheidung hier noch nicht nötig zu haben, oder wollte nicht zuviel neue Hypothesen dem Publikum vorlegen, ehe er sie ausführlich begründen konnte. Er behielt daher die genauere Auseinandersetzung für seine Physik vor, die er in *Le Monde* liefern wollte, aber schliefslich gänzlich unterdrückte, seitdem sie durch das Erscheinen der *Principia* überflüssig geworden war. So schreibt er an MERSENNE unterm 9. Januar 1639: „Ich unterliefs Ihnen mitzuteilen, was meiner Ansicht nach den leeren Raum zwischen den Teilchen der feinen Materie verhindert, weil ich dies nicht auseinandersetzen konnte, ohne von einer andern sehr feinen Materie zu sprechen, deren ich in meinen *Essais* keine Erwähnung thun wollte, um sie ganz für meinen *Monde* zu reservieren.“ [1] Hierauf teilt er mit, dafs er sich vorstelle, oder vielmehr durch Beweis finde, es existieren aufser der irdischen Materie noch jene beiden, uns unter dem Namen des ersten und zweiten Elements bekannten Materien. Hier also erwähnt DESCARTES zum erstenmale gegen irgend jemand seine vollständige Elementenlehre.

Er selbst aber hat noch später in diese Hypothesen einen einheitlicheren Gesichtspunkt gebracht. In *Le Monde* unterscheidet er zwar das Feuer-, Himmels- und Erdelement als bestehend aus den feinsten Splittern, den abgeschliffenen Kügelchen und den groben Überresten einer ursprünglich ungeteilten Masse, aber diese Entstehung erscheint als eine mehr zufällige und willkürliche. Das dritte oder Erdelement, welches aus den gröfseren, sich daher langsamer bewegenden Massen besteht, findet für seine Entstehung eine andre Begründung und Darstellung in den *Principien* als in *Le Monde*. In der früheren Schrift geht DESCARTES nicht näher auf den Ursprung jener gröfseren Massen ein, sondern setzt voraus, dafs bei der ursprünglichen Teilung der Materie durch Gott auch solche gröfsere ungeteilte Stücke übriggeblieben seien,[2]

---

[1] *Oe.* VIII p. 73. — [2] *Oe.* IV p. 240.

die in ihrer Gröfse sich zu den Himmelskügelchen ungefähr so verhalten wie letztere zu den Splitterchen des Feuerstoffs. Diese gröberen Massen bilden in ihrer Zusammenballung die Planeten, so dafs also diese aus den bei der Zertrümmerung restierenden Stücken stammen.[1] In den *Principien* ist diese Theorie feiner ausgebildet. „Wenn auch vielleicht aus dem Chaos nach den Naturgesetzen dieselbe Ordnung der Dinge, wie sie jetzt besteht, abgeleitet werden könnte, und ich dies darzulegen früher unternommen hatte, so scheint doch eine solche Verwirrung mit Gottes, des Weltschöpfers, höchster Vollkommenheit weniger zu stimmen als Proportion und Ordnung (*proportio vel ordo*), und kann auch nicht so deutlich von uns erkannt werden. Kein Verhältnis und keine Ordnung aber sind einfacher und verständlicher als die, welche in völliger Gleichartigkeit bestehen. Daher nehme ich hier an, dafs alle Teilchen des Stoffes im Anfange sowohl nach Gröfse als nach Bewegung einander gleich gewesen sind.[2]

Es ist offenbar kein Grund einzusehen, warum solche gröfsere Stücke übriggeblieben sein sollten, und wenn dies, warum sie nicht nachträglich ebenfalls sollten zerrieben sein. DESCARTES betrachtet daher jetzt den Prozefs der Zerreibung näher, er geht von gleichartigen und anfänglich gleich bewegten Teilen aus und entdeckt dabei seine *particulae striatae*, von denen *Le Monde* noch nichts weifs. Diese Schraubenteilchen hängen sich aneinander mit andern unregelmäfsig geformten Teilchen und bilden gröfsere Korpuskeln, welche dem Element der Erde entsprechen. Jetzt ist also das dritte Element kein ursprüngliches mehr, sondern aus dem ersten entstanden.[3] Auch die Entstehung der Planeten wird nunmehr eine andere und eröffnet einen weiteren Gesichtskreis, indem sie die grofse Einheit im Werden und Vergehen der Welten in erhebender Weise vor Augen führt. Die Planeten werden mit der Entstehung der Sonnen und Fixsterne in eine Reihe ge-

---

[1] *Oe.* IV, p. 272, 273.

[2] *Princ.* III, 47. Vgl. hierzu HEUSSLER, *Rationalismus*, wo auf die vierfache Gleichmäfsigkeit in Anordnung, Geschwindigkeit und Gröfse im Gegensatz zu *Le Monde* verwiesen wird.

[3] *Princ.* III, 52.

stellt, sie sind nur verkümmerte Sonnen, welche, überdeckt von den Partikeln des dritten Elements, ihren Wirbel nicht mehr selbständig erhalten konnten, und infolgedessen in ein anderes Weltsystem hineingerissen wurden.[1] Es ist dies einer der gewaltigsten Züge der cartesischen Naturlehre, würdig des großen Vorgängers GIORDANO BRUNO, von welchem DESCARTES den Gedanken an die Vielheit der Welten übernahm.

Wir sehen somit, wie DESCARTES an die Elementenlehre und die Korpuskulartheorie seiner Vorgänger anknüpft, und wie er dadurch, daſs er in der Bewegung allein den Unterschied der Teile erblickt, über sie hinausgeht. In der Bewegungslehre ist *Le Monde* allen kurz vorangegangenen Korpuskulartheorien weit überlegen. Schon hier sind das Beharrungsgesetz und das Gesetz von der Erhaltung der Bewegungsgröſse ausgesprochen. Es ist dabei dies Gesetz auch bereits auf die Unveränderlichkeit Gottes zurückgeführt, ohne daſs jedoch soviel Wert auf diese Ableitung gelegt wäre, wie in den *Principien*. Gegen die scholastischen Auffassungen der Bewegung gibt sich der gröſste Widerwille kund, die scholastische Definition der Bewegung hält DESCARTES für so unverständlich und unklar, daſs sie sich französisch gar nicht wiedergeben lasse.[2]

Im Besitz des Satzes vom Gleichgewicht der Flüssigkeiten konnte DESCARTES nunmehr auch das Vorhandensein des Luftdrucks erkennen, indem er die Luft selbst als eine Flüssigkeit auffaſste. Daher dürfen wir uns nicht wundern, daſs er nicht nur den TORRICELLIschen Versuch divinierte, sondern auch als der erste die richtige Erklärung gab, woher es komme, daſs das Quecksilber aus einer U-förmig gebogenen, auf der oberen Seite verschlossenen, auf der unteren offenen Röhre nicht ausflieſse. Er schreibt bereits am 2. Juni 1631 an RÉNERI, seinen ersten Schüler in Holland:[3] „Um ihre Schwierigkeiten zu lösen, stellen Sie sich die Luft wie Wolle vor und den Äther, welcher zwischen ihren Poren ist, wie Windwirbel, die sich hier und da in dieser Wolle bewegen, und bedenken Sie, daſs dieser Wind, welcher von allen Seiten mit den kleinen Fäden dieser Wolle spielt, sie daran verhindert, sich so stark gegeneinander zu drücken, als sie es ohnedem thun könnten.

---

[1] *Princ.* III 94, 146. — [2] *Oe.* IV p. 255. — [3] *Oe.* VI, p. 204.

Denn sie alle sind schwer und drücken aufeinander so stark, als es die Bewegung durch diesen Wind ihnen gestatten kann, so daſs die Wolle, welche der Erde zunächst ist, von der gesamten über ihr bis über die Wolken hin befindlichen gedrückt wird. Dies macht eine bedeutende Schwere aus. Es würde daher, um einen Teil derjenigen Wolle, welche z. B. in *O* ist (s. Fig. 11), mit aller darüber befindlichen zu heben, einer groſsen Kraft bedürfen. Diese Schwere wird indes für gewöhnlich in der Luft nicht bemerkt, wenn sie nach oben getrieben wird; darum, weil, wenn wir einen Teil davon heben, z. B. den von *E* nach *F* hin, zugleich der in *F* befindliche kreisförmig gegen *GHI* fortschreitet und nach *E* zurückkehrt, so daſs seine Schwere nicht bemerkt wird, ebensowenig wie die Schwere eines Rades, das wir, während es sich im vollkommenen Gleichgewicht um seine Axe befindet, umdrehen. In dem beigebrachten Beispiele der Röhre *dr*, welche am Ende *d* geschlossen und an dem Balken *AB* befestigt ist, kann das Quecksilber, das Sie darin voraussetzen, seine Abwärtsbewegung nicht beginnen, wenn nicht zugleich die Wolle von *r* nach *O* und die von *O* nach *P* und nach *q* vorschreitet und zwar so, daſs sie alle Wolle, welche sich auf der Linie *OPq* befindet und zusammengenommen sehr schwer ist, mit sich zieht. Denn da die Röhre oben geschlossen ist, kann keine Wolle eintreten, will sagen, keine Luft in den Raum des Quecksilbers, bis dieses herabgestiegen ist. . . . Auch dürfen Sie nicht irrtümlich glauben, daſs dieses Quecksilber von dem Balken durch keinerlei Kraft getrennt werden könnte, aber es würde wenigstens eine so groſse Kraft nötig sein, als zur Hebung der Luft erforderlich ist, welche sich von dort bis über die Wolken erstreckt.[1]

Fig. 11.

Wie hier das Verbleiben des Quecksilbers in der Röhre, so erklärt DESCARTES auch das Aufsteigen der Flüssigkeiten in den Pumpen aus dem Luftdruck. Er wendet sich dabei ausdrücklich gegen die GALILEIsche Erklärung durch den Abscheu

[1] *Oe.* VI, p. 204.

vor dem Leeren und führt, neben einigen andren Ursachen, die er andeutet, als vermutlichen Hauptgrund dafür, dafs das Wasser nicht höher als 18 Ellen der Pumpe folgt, den an, dafs die Schwere des Wassers derjenigen der Luft das Gleichgewicht halte.[1]

Bei der vollkommen klaren Einsicht in den Zusammenhang dieser Erscheinungen mit dem Drucke der Luft, welche DESCARTES, wie seine Briefe zeigen, schon längst besafs, dürfen wir auch nicht mehr zweifeln, dafs seine Behauptung[2] auf Wahrheit beruht, wonach er, nachdem der TORRICELLIsche Versuch bekannt geworden, PASCAL den Rat zur barometrischen Höhenmessung gegeben hat.[3]

Die Stellung DESCARTES' zur Frage, ob es einen leeren Raum geben könne, ist darum von besonderem Interesse, weil sich seine Ablehnung der GALILEIschen Fallgesetze ganz allein auf die Überzeugung gründet, dafs der leere Raum ein Unding sei. Diese Überzeugung aber war keine willkürliche spekulative Annahme, sondern in langjähriger Arbeit des Denkens unter voller Berücksichtigung der empirischen Daten errungen. Schon in *Le Monde* hatte er zwar die Möglichkeit des leeren Raumes bestritten, aber doch ist der Ausdruck hier viel hypothetischer gehalten als in den *Principien.* Vom *horror vacui* zu sprechen, sei nur im uneigentlichen Sinne möglich, da das Vacuum eben nur eine Chimäre ist. Trotzdem will er nicht behaupten, dafs es überhaupt keinen leeren Raum in der Welt gebe.[4] Eher könnte noch in den festen Körpern ein leerer Raum vorkommen, als in den flüssigen, deren Teile sich viel

---

[1] *Oe.* VII, p. 436, 437. (Oktober 1638.)

[2] Briefe an CARCAVI v. 11. Juni u. 17. Aug. 1649, *Oe.* X, p. 344, 351.

[3] Vgl. hierzu MILLET, *Descartes*, II, p. 216 ff., K. FISCHER, *Gesch. d. n. Philos.*, I, 1, S. 539 und insbesondere ADAM, *Pascal et Descartes. Les experiences du vide. Revue philosophique* etc. T. 24, 1887, p. 612 ff. T. 25, 1888, p. 65 ff. Nach ADAM habe sich PASCAL auf TORRICELLI statt auf DESCARTES berufen, weil bei jenem die Erklärung nicht mit dem cartesischen System verquickt war und er nicht wufste, dafs DESCARTES' Erklärung die frühere sei. MERSENNES Tod am 1. Sept. 1648 mochte die Mitteilung über den Erfolg des Experiments gestört haben. DESCARTES hätte zu dem Versuch in mehreren verlorenen Briefen gedrängt (13. Dez. 1647, 31. Jan., 7. Febr., 4. Apr. 1648. BAILLET II, p. 330, 333).

[4] *Oe.* IV, 234.

leichter verschieben und anpassen,[1] aber die Annahme eines leeren Raumes ist überhaupt gänzlich unnötig. Die Bewegung findet überall in geschlossenen Bahnen statt, zu vergleichen derjenigen des Wassers und der darin schwimmenden Fische. Die Räume, die wir für leer halten, sind jedenfalls erfüllt, so die Poren zwischen den Teilchen der Körper von den noch viel feineren Teilchen des Feuerelements. Diese Teilchen dürfen aber nicht aufgefaſst werden wie Atome, als ob sie irgend welche Härte besäſsen, sondern als eine auſserordentlich flüssige und feine Substanz.[2]

Whewell berichtet, man erzähle, daſs Descartes seine Physik anfänglich auf den leeren Raum gegründet und sein System erst umgearbeitet habe, nachdem Mersenne ihn belehrt, daſs das Vacuum in Paris nicht mehr Mode sei.[3] Ein Beleg zu dieser Behauptung ist nicht angeführt und ich habe auch keinen auffinden können. Die vorsichtige Ausdrucksweise Descartes' in *Le Monde* gibt doch nicht das Recht zu schlieſsen, daſs Descartes sich der Annahme eines Vacuums zugeneigt habe; sie zeigt nur, wie weit er davon entfernt war, Behauptungen ohne sorgfältigste Erwägung auszusprechen und wie sehr diejenigen Unrecht haben, welche Descartes mit Vorliebe als einen Mann darstellen, der Naturgesetze a priori dekretiere. Allerdings mag Descartes die Frage nach dem Vacuum eingehend mit sich diskutiert haben, ehe er sich über die Grundprinzipien seiner Metaphysik klar geworden. Eine Vorliebe aber wird er für den leeren Raum kaum je besessen haben, und bei seinem Fortgange von Paris hatte er sich jedenfalls schon gegen denselben entschieden. Denn damals waren die Grundlagen seines Systems bereits festgestellt und diese schlossen den leeren Raum aus. Indem Descartes in der Ausdehnung das Wesen des Körpers sieht, verbietet es sich von selbst, daſs er leere Räume anerkennt. Zwar über seine Physik vor 1629 wissen wir nichts Genaueres, ja es ist wohl sicher, daſs auch *Le Monde*, wie uns die Abhandlung gegenwärtig vorliegt, nachträglich überarbeitet ist und den Charakter seiner ursprünglichen Physik nur zum Teil zeigt. Aber nach dem Anschluſs,

---

[1] *Oe.* IV, 231. — [2] *Oe.* VI, p. 104.
[3] Whewell, *Gesch. d. indukt. Wissensch.* II S. 139.

den DESCARTES überall an Vorgänger besitzt, ist es viel wahrscheinlicher, daſs die allgemeine Ansicht, es gäbe keinen leeren Raum, auf ihn mitbestimmend gewirkt habe, als daſs er ohne Not davon abgegangen sei. Daſs der leere Raum zu Paris „Mode“ gewesen, kann sich wohl nur auf die Bestrebungen von GASSENDI beziehen. Aus einem Briefe DESCARTES' an MERSENNE vom 15. April 1630 ergibt sich klar, daſs DESCARTES damals schon den leeren Raum leugnet, obwohl er allerdings die Sache nicht als selbstverständlich nimmt; denn er schreibt: „Wenn Sie mir nun zugeben, daſs es keinen leeren Raum gibt, wie ich glaube beweisen zu können, so sind Sie gezwungen, mir auch zuzugeben, daſs diese Poren (im Gold u. s. w.) voll sind von einer Materie, welche überall leicht durchdringt.“ [1]

Aus der hier gegebenen Darstellung, wie die Ansichten über die Konstitution der Materie sich bei DESCARTES entwickelten, ist zu erkennen, daſs seine Physik in stetigem Fortschritte ausreifte und alle seine Lehren sich in innerer Übereinstimmung auseinander ergaben. Die persönliche Entwickelung des Forschers ergänzt die Lücke, welche sich in der Litteratur der Korpuskulartheorie zeigt. Die quantitative Auffassung der Natur und das Streben, die Qualitäten in mathematisch darstellbaren Beziehungen zu objektivieren, zeigt sich bei KEPLER, GALILEI und DESCARTES in gleichem Maſse, wenn auch nach verschiedenen Richtungen und mit verschiedenem Erfolge. Die Grundidee des Mechanismus der Natur ist in der Zeit gegeben und das Material zur Ausführung wird DESCARTES von allen Seiten entgegengebracht. Mathematik, Mechanik, Hydrostatik, Astronomie, Meteorologie, Medizin, alle Wissenschaften wirken in gleichem Sinne. So vorbereitet für die Aufnahme einer mechanischen Theorie der Materie empfängt der Geist eines DESCARTES in der Schule der Pariser Atomisten den Samen, welchen DEMOKRIT ausgestreut hatte, die physikalischen Grundgedanken der antiken Atomistik, welche durch die Arbeiten der eben neu hervorgetretenen Korpuskularphilosophen frisches Leben und Verständlichkeit für die Zeitgenossen gewonnen hatten. Diese Gedanken DEMOKRITS finden, insofern es

[1] *Oe.* VI p. 104.

sich um die korpuskulare Erklärung der Phänomene handelt, in Descartes die erste kongeniale Kraft, seitdem sie ihr unsterblicher Urheber der Menschheit hinterlassen. Dafs jedoch Descartes den inneren Grundfehler der antiken Atomistik nicht zu heben vermochte, lag daran, dafs er noch zu stark am phoronomischen Begriff der Bewegung haften blieb und zum Wesen der Dynamik nicht genügend vordrang. Hier rächte sich allerdings, dafs es ihm, der Entwickelung seiner individuellen Gedankenwelt nach, versagt blieb, den von Galilei entdeckten Bewegungsbegriff zu verwerten. Indessen ist es eine erklärliche Erscheinung, dafs nicht die bahnbrechenden Genies selbst, sondern erst ihre Schüler die neu erzeugten Gedankenkreise zu vereinigen vermögen.

Wir haben nunmehr den systematischen und historischen Wert der Aufstellungen Descartes' in dem eben angedeuteten Sinne zu erörtern.

3. Kritik der cartesischen Korpuskulartheorie.

So hoch das Verdienst Descartes' um die Förderung der theoretischen Physik durch seine Absicht steht, allein in der Bewegung eines sonst unterschiedslosen Stoffes die Ursache zu aller Mannigfaltigkeit der Körperwelt zu finden, ebenso bedenklich ist die Begründung seiner Aufstellungen im einzelnen.

Descartes glaubt das Wesen des Körpers zu erreichen, wenn er von allen sinnlichen Eigenschaften abstrahiert, so dafs allein die Ausdehnung nach drei Dimensionen übrigbleibt. Aber damit ist die Grenze der Physik schon überschritten und ein Abstractum erreicht, das allein der Mathematik zukommt. Zwischen dem mathematischen Körper und dem physischen ist bei Descartes thatsächlich kein Unterschied, und es ist ihm daher nicht mehr möglich, von seinem Körperbegriff ohne gewaltsame Hypostase zur Physik zu kommen; er bleibt in der Phoronomie stehen. Sein Übergang zur Dynamik ist nur ein scheinbarer und wird dadurch ermöglicht, dafs er den Begriff der Undurchdringlichkeit mittels einer Erschleichung einführt. Man erkennt dies am besten aus seinem Briefwechsel mit Henry More, worin er behauptet, dafs die Ausdehnung

bereits die Undurchdringlichkeit einschliefse, indem das blofse Dasein im Raume, die Ruhe, schon eine Wirkung, nämlich den Widerstand gegen das Dasein eines andern Körpers an demselben Orte, bedinge.[1] DESCARTES hilft sich also damit, dafs er die Undurchdringlichkeit als eine Eigenschaft der Ausdehnung ansieht. Er gebraucht das Wort „Ausdehnung" nicht blofs im mathematischen Sinne, sondern im physikalischen der „Raumerfüllung". Diese Annahme steht im Widerspruch mit seiner Herleitung des Körperbegriffs durch Abstraktion von allen sinnlichen Eigenschaften. Gibt man diese Herleitung zu, so ist die Undurchdringlichkeit mit Unrecht beibehalten; läfst man die Undurchdringlichkeit mit DESCARTES gelten, so ist seine Herleitung des Körperbegriffs falsch. Sein Irrtum besteht nämlich darin, dafs er glaubt, von allen sinnlichen Eigenschaften abstrahieren zu können, auch von der des Widerstandes. Das ist aber nicht möglich. Die Auflösung des Körpers in blofse Substanz, Gröfse und „reine" Anschauung (im kantischen Sinne) löst die Physik selbst mit auf, wenn nicht bei dieser Analyse ein Begriff reserviert bleibt, welcher die Anknüpfung an die Wechselwirkung gestattet. In der Erfahrung ist dieses Element psychologisch als Empfindung gegeben. Insofern gehört zum physischen Körper ein Element der Empfindung ebensogut, wie die Kategorie der Realität dazu gehört, die Empfindung zum empirisch-realen Gegenstande und Objekt der Theorie zu machen. Ohne dieses sinnliche Datum bleiben die Begriffe leer, es bleibt nur die gänzlich unbestimmte Vorstellung eines Etwas, von dem man nichts anderes weifs, als dafs es überhaupt mögliche Bestimmungen enthält. Diese Abstraktion von allem Sinnlichen, welche nur den logischen Begriff der Ausdehnung, d. h. der räumlichen Abhängigkeit ihrer Teile voneinander übrig behält, macht DESCARTES' Körperchen ebenso physisch unzulänglich, wie die Monaden GIORDANO BRUNOS.

In den Grundlagen der Naturerklärung müssen neben den rationalen auch immer Empfindungselemente bleiben. Nur müssen diese Empfindungselemente aus der subjektiven Wahr-

[1] *Oe.* X p. 195—200 u. a. Vgl. hierzu NATORP S. 181 A. 6. u. BAUMANN S. 132.

nehmung zur Objektivität des gesetzlichen Verhaltens durch eine begriffliche Fassung gebracht werden. Diese Begriffsbildung aber reicht mit jener auf dem Denkmittel der Substanzialität beruhenden Abstraktion nicht aus, sondern sie bedarf dazu eines neuen Denkmittels, der Variabilität. Der Begriff der intensiven Gröfse mufs als Erzeuger einer Gesetzlichkeit der Empfindung in der Konstitution der Materie seine Stelle erhalten, weil er zwischen Substanz und Wechselwirkung vermittelt. Deshalb hat MORE Recht, wenn er DESCARTES einwirft, dafs man wohl sonst von allen sinnlichen Qualitäten des Körpers abstrahieren könne, eine aber, und zwar die Eigenschaft, Widerstand zu leisten (Undurchdringlichkeit), für die Konstitution des Körperbegriffs zugrunde legen müsse; und DESCARTES hat Unrecht, wenn er meint, auch die „Härte“ der Körper sei zu den sinnlichen Eigenschaften, deren Abstraktion er anstrebt, zu rechnen, vorausgesetzt, dafs man darunter nichts andres versteht, als die Fähigkeit der absoluten Resistenz. Wichen alle Körper vor der Berührung unsrer Hände zurück, d. h. hätten wir nicht die sinnliche Erfahrung des Widerstandes, so hätten wir auch nicht die uns eben dadurch gegebene, zum Körperbegriff gehörige Anschauung. Die psychologische Analyse darf dies nicht übersehen, wenn sie die durch die Erkenntniskritik zu leistende Konstruktion des Körperbegriffs vorbereitet, um dem Begriff der Undurchdringlichkeit seine Stelle anzuweisen. Man kann die Empfindung des Widerstands nicht eliminieren, ohne den Begriff der Undurchdringlichkeit aufzuheben.

Sehen wir nun von dem Irrtum DESCARTES' ab, dafs man die Empfindung aus der Vorstellung des Körpers fortschaffen könne (wodurch eben blofs Mathematik und Phoronomie übrig bleiben und Physik unmöglich werden würde), nehmen wir mit ihm eine absolute Raumerfüllung durch eine Materie an, welche aller Eigenschaften mit Ausnahme der Bewegung und der Undurchdringlichkeit entbehrt, so fragt es sich jetzt weiter, wie man von dieser eigenschaftslosen Materie zum einzelnen Körper kommen kann. Und hier ist die Stelle, wo die cartesische wie jede plerotische Theorie der Materie scheitert.

Das einzige, was bei DESCARTES einen Teil der Materie vom andern unterscheidet, ist die relative Bewegung der

Teile.[1] Dasjenige, was nicht in Aktion ist sich zu trennen, heifst ein Teil der Materie, oder auch dasjenige, was auf einmal (simul) transportiert wird. Trennung besteht in der Verschiedenheit der Bewegungen, Zusammengehörigkeit in der Gleichheit derselben. Daraus folgt, dafs in der Ruhe von einer Verschiedenheit von Teilen überhaupt nicht die Rede sein kann. Teilchen, die nebeneinander ruhen oder sich gleich schnell bewegen, bilden nur einen einzigen Teil. Gibt es irgendwo in der Welt eine Stelle, wo die Korpuskeln des Descartes nebeneinander ruhen oder sich gleich schnell bewegen, so fallen die Grenzen der Korpuskeln fort und es entsteht ein homogener Körper. Daher läfst Descartes die Korpuskeln seiner verschiedenen Materien überall durcheinanderwirbeln, und trotzdem bleibt es unverständlich, wie ihre Figuren sich auf die Dauer erhalten sollen.

Versucht man die Grenzen der bewegten Teilchen, welche fortwährend ineinander verschwimmen, genauer zu verfolgen, so erkennt man, wie Descartes sich gezwungen sah, obwohl er eine den Raum stetig erfüllende Materie annahm, zur korpuskularen Auffassung derselben zu schreiten. Indem sich die Vorstellung auf das Substrat der Bewegung richtet, sondert sie aus dem Kontinuum solche Teile aus, welche sich durch ihre Geschwindigkeit von den benachbarten unterscheiden. Dann ist es aber schon nicht mehr möglich, den Begriff der Materie als einer allgemeinen Flüssigkeit von absoluter Fluidität festzuhalten, sondern der Substanzbegriff, wodurch jede Bewegung einem einheitlichen Subjekte prädiciert werden mufs, erfordert Zerlegung dieser Flüssigkeit in abgeschlossene Partikeln. Man sieht sich gezwungen, den Begriff ganzer, erfüllter Räume zu bilden, welche sich gegenseitig verschieben. Auf keine andre Weise läfst sich ein Teilchen der Materie mit sich selbst identifizieren und in der Vorstellung auf seiner Bahn verfolgen. Selbst abgesehen davon, dafs man auf jede Anschaulichkeit verzichten müfste, wenn die Selbständigkeit des bewegten Raumteils fortfiele, ist es eine unumgängliche Eigenschaft des Denkens, begrenzte Einheiten als Subjekte der Bewegung auszusondern.

[1] S. II S. 59.

Descartes' Materie ist nicht blofs teilbar in beliebig kleine Teile, sie hat nicht blofs die Eigenschaft der Fluidität oder Plastizität, welche darin besteht, dafs sie geeignet ist, jeden Raum auszufüllen, sondern gerade durch das Bestreben, diese Eigenschaft erklärlich zu machen, sieht Descartes sich gewungen, seine Materie wie einen spröden Körper zu betrachten. Was in Ruhe ist, setzt der Bewegung Widerstand entgegen, daher verhalten sich die einzelnen Volumina seiner Materie wie harte Körper, welche einen Kohäsionswiderstand besitzen. Undurchdringlichkeit, Kohäsion und Festigkeit sind Begriffe, welche Descartes nicht trennen kann und die in unbestimmter Verschmelzung seinem Urstoffe zukommen. Wegen dieses Widerstandes, den die Ruhe der Bewegung leistet, ist Descartes' Materie nicht das, was wir eine Flüssigkeit nennen, in der wegen der absoluten Verschiebbarkeit der Teilchen jeder Bewegungsantrieb sich nach allen Richtungen fortpflanzt. Obgleich die Teilchen den Raum völlig erfüllend aneinander liegen, haben wir es doch nicht mit einer homogenen Materie zu thun, sondern die Grenzflächen der Teilchen haben ihren speziellen Lagen nach einen Einflufs auf die resultierenden Bewegungen. Es kommt hier hinzu, dafs das Gesetz vom Zusammenwirken verschiedener Bewegungen nicht klar durchgeführt ist und somit völlig unbestimmte Vorstellungen über die Fortpflanzung der Kräfte in dem Gewirr der Teilchen Platz greifen. Descartes mufs seinem starren Stoffe die Beweglichkeit durch die aktuelle Bewegung erteilen, daher ist sein Stoff von Anfang an aktuell geteilt in Partikeln verschiedenster Gestalt, er besteht aus selbständigen getrennten Körpern, welche ursprünglich den Raum stetig durch ihre Aneinanderlagerung ausfüllten. Diese Teile sind also nicht flüssig gedacht, die Plastizität entsteht erst durch die leichte Zerreibbarkeit und Trennbarkeit der Teile, welche sie in den Stand setzt, jede beliebige Figur aufzubauen. Immer aber sind es abgerissene Partikeln von bestimmter Gestalt, Splitter der Materie. So sieht sich Descartes, nach der Fassung des Körperbegriffs ringend, zur Annahme fertiger Korpuskeln getrieben. Das ist nichts andres, als der Anfang zur Bildung des Atombegriffs. Das Bestreben aber, die konsequente Ausbildung des Atombegriffs zu unterdrücken und die stetige Raumerfüllung beizu-

behalten, führt dazu, entweder aus der Quantität der Materie zum Unendlichkleinen sich zu flüchten, oder die Erklärbarkeit der Plastizität, der Verschiebbarkeit der Teile überhaupt aufzugeben. Um die Anschmiegbarkeit der Materie zu begreifen, müssen immer kleinere und kleinere Teilchen angenommen werden, und trotzdem ist es weder der Anschauung möglich, der Bewegung der minimalsten Splitter bis in alle ihre Schlupfwinkel zu folgen, noch dem Denken, auf begrifflich fixierbare, mit sich selbst identische Einheiten als Subjekte der prädicierten Bewegung zu gelangen. Die Frage führt zu einem Progreſs ins Unendliche, denn sie tritt in jedem angenommenen Korpuskel aufs neue auf; es ist die Frage, wie überhaupt Biegsamkeit der Materie, wie überhaupt Verschiebung der kleinsten Teile möglich sei. Diese Frage ist für DESCARTES unlösbar, er steht vor der Antinomie der Bewegung, erkennt diesen Widerstreit von Denken und Anschauung, aber er ist nicht imstande, anders darüber fortzukommen, als durch eine Berufung auf die Unbegreiflichkeit der Allmacht Gottes. Und sie kompliziert sich mit der weitern Frage, wie überhaupt eine verschiedene Geschwindigkeit von Stoffteilen möglich ist. Denn eine solche setzt doch die Beweglichkeit der Teile voraus, diese aber erfordert eben jene Fluidität oder Plastizität der Materie, welche erklärt werden soll. Bei der absoluten Raumerfüllung ist Bewegung nur möglich durch die Trennbarkeit in beliebig kleine Teilchen, die Teilchen aber sollen sich durch Bewegung allein unterscheiden. So dreht sich der Gedanke ebenso im Kreise wie die Materie. Hilfe soll hier die Teilung der Materie ins Unendliche bringen, indessen wird dabei die Sache erst recht unbegreiflich. DESCARTES fühlt das selbst, wenn er sagt: „Man muſs übrigens gestehen, daſs sich in dieser Bewegung etwas findet, was der Geist zwar als wahr in sich aufnimmt, aber wovon er nicht begreifen kann, in welcher Art es geschieht, nämlich die Teilung einzelner Teilchen der Materie ins Unendliche, oder wenigstens ins Unbestimmte (indefinitum), und zwar in soviel Teile, daſs man sich in Gedanken keinen so kleinen vorstellen kann, von welchem man nicht einsähe, daſs er thatsächlich noch in viel kleinere geteilt ist.“ [1]

---

[1] *Princ.* II, 34.

Hierbei handelt es sich zwar nicht um die ganze Materie, sondern nur um einen Teil derselben, welcher jene Eigenschaft besitzen mufs, aber die Sache bleibt darum nicht weniger unbegreiflich, zumal DESCARTES selbst sowohl von einer thatsächlichen Teilung ins Unendliche als von einer kleinen Entfernung der Teilchen voneinander spricht,[1] was doch im absolut erfüllten Raum ganz unmöglich ist; und so bleibt es denn dabei, dafs man jene endlose Teilung zwar nicht begreifen, aber doch als wahr hinnehmen müsse.[2]

Nun ist es allerdings nicht zu leugnen, dafs die Antinomie der Bewegung, welche DESCARTES hier erkennt, bei jeder Theorie der Materie oder der Bewegung an irgend einer Stelle hervortritt. Aber es ist nicht gestattet, sich auf eine derartige Unbegreiflichkeit zu berufen, sondern dieselbe mufs aufgelöst werden durch eine erkenntniskritische Fundierung des Problems, d. h. es mufs erkannt werden, dafs das in der Bewegung liegende Element der Empfindung durch einen neuen und eigenen Grundsatz, den der intensiven Gröfse, in die konstituirenden Faktoren der Erfahrung einzureihen ist (s. II S. 6). DESCARTES hat hier das Verdienst, die Schwierigkeit der Frage erkannt und für die Behandlung einen neuen Weg versucht zu haben, aber gelöst hat er sie nicht, weil er über das Denkmittel der Substanzialität nicht hinauskam.

Gegen DESCARTES' Erklärung, dafs es eine Beschränkung der Allmacht Gottes wäre, wenn es materielle Teilchen gäbe, die nicht wenigstens er noch weiter teilen könne, wendet sich MORE,[3] indem er sagt, ebensogut könne man es als einen Mangel der Allmacht Gottes bezeichnen, dafs er den Aufgang der Sonne am gestrigen Tage nicht wieder könne rückgängig machen. DESCARTES verteidigt sich: „Wir halten es nicht für ein Zeichen der Ohnmacht, wenn jemand dasjenige nicht machen kann, was wir als unmöglich begreifen, sondern nur, wenn er etwas nicht thun kann,dessen Möglichkeit wir klar einsehen. Nun begreifen wir aber, dafs die Teilung eines Atoms möglich

---

[1] *Princ.* II, 54. . . . quod ut fiat, necesse est omnes imaginabiles ejus particulas, quae sunt re vera innumerae, a se mutuo aliquantulum removeri, et talis quatulacunque remotio vera divisio est.

[2] *Princ.* II, 35. — [3] *Oe.* X p. 185.

ist, weil wir es als ausgedehnt begreifen."[1] MORE beruhigt sich dabei. Indessen kann man hier einwenden, dafs der erkenntnistheoretische Gesichtspunkt, welcher in der klaren Begreiflichkeit das Kriterium der Wahrheit sucht, gerade zur Atomistik führen mufs. Denn es ist zwar begreiflich, dafs ein ausgedehntes Korpuskel wieder teilbar ist, es ist aber durchaus nicht klar begreiflich, wie diese Teilbarkeit sich ins Unendliche fortsetzen soll. Im Gegenteil wird die Teilbarkeit der Materie erst klar und deutlich begreifbar, wenn man aktuell getrennte Unteilbare, d. h. Atome, voraussetzt. Demnach ist die Gegnerschaft DESCARTES' gegen die Atomistik hier nicht besser begründet, als es diejenige des ARISTOTELES war. Wie ARISTOTELES den physischen Körper mit dem kontinuierlichen Raum identifizierte, so geschieht dies auch bei DESCARTES, indem er der Ausdehnung Resistenz, d. h. raumerfüllende Kraft zuschreibt und sie zur Substanz des Körpers macht.

Durch die fehlerhafte Art und Weise, wie in der cartesischen Theorie der Materie die Undurchdringlichkeit mit der Ausdehnung überhaupt identifiziert wurde, war eine Substanz geschaffen, welche auch ohne Bewegung dynamische Realität, nämlich die Kraft des Widerstandes besafs, indem sie den Raum erfüllte; die Bewegung trat jetzt nur als differenzierend hinzu. Diese dynamische Realität war jedoch nicht als solche, als Produkt eines eigenartigen Verfahrens des Bewufstseins, anerkannt, sondern dem Substanzbegriff zugeschrieben. Und nun komplizierte sich der erste Fehler mit einem neuen, wodurch ein unberechtigter Gegensatz von Ruhe und Bewegung, von Statik und Mechanik geschaffen wurde, indem das Produkt aus Masse und Geschwindigkeit als diejenige dynamische Realität eingeführt ward, welche das Bleibende in der Bewegung, die konstante Gröfse in den veränderlichen Erscheinungen sei. Bei aller Übertragung der Bewegung sollen zwar Geschwindigkeiten verändert und ausgetauscht, Massen zersplittert und gehäuft werden können, aber die Bewegungsgröfse, das Produkt aus Masse und Geschwindigkeit, dieselbe bleiben. Diese Quantität der Bewegung wird auch Kraft genannt und zugleich als Kraftwirkung, Aktion oder *Effort*

---

[1] *Oe.* X p. 200, 201.

aufgefafst, als dasjenige, was den Effekt hervorbringe. Hier berührte sich DESCARTES allerdings mit GALILEI, aber es gelang ihm nicht, jene dynamische Realität wirklich als das herauszustellen, was sie war, und mathematisch formulierte, mit der Erfahrung übereinstimmende Bewegungsgesetze herzuleiten. Auch hier wurde nicht erkannt, dafs es sich um einen neuen Begriff der Bewegung handelte, der innerhalb der Phoronomie nicht zu erfassen war.

Der Fortschritt der Mechanik hat gezeigt, dafs dasjenige, was DESCARTES als Kräftemafs ansah, jene dynamische Realität, welche der Bewegung zugrunde liegt, nur nach einem bestimmten Gesichtspunkt hin mifst, und dafs die so gemessene Gröfse in den empirischen Bewegungen sich nicht in dem allgemeinen Sinne erhält, wie DESCARTES glaubte. So lange es sich um statische Verhältnisse handelt, behält DESCARTES Recht, und die Betrachtung der virtuellen Geschwindigkeiten der einander im Gleichgewichte haltenden Massen mufste DESCARTES in seiner Auffassung bestärken.[1] Aber indem er es nicht erfafste, dafs nicht die absolute, sondern die algebraische Summe der Bewegungsgröfsen dasjenige sei, was sich bei der dynamischen Mitteilung der Bewegung erhalte, wurde er zu unrichtigen Stofsgesetzen geführt. Indem er zugleich den elastischen Stofs mit seinem Gesetze von der Erhaltung der Bewegungsgröfse in Einklang setzen wollte,[2] wurde er zu der eigentümlichen Annahme verleitet, dafs Richtung und Bewegungsgröfse vollständig voneinander unabhängig seien, so dafs sich erstere ändern könne, während das Reale der Bewegung nicht davon beeinflufst werde. Er nahm an, ein Körper könne von einem andern mit gröfserer Bewegungsgröfse begabten zurückprallen unter Beibehaltung seiner Bewegung (Geschwindigkeit), aber mit veränderter Richtung. Der Widerspruch, welcher darin liegt, dafs zwei gleichstark bewegte Körper sich gegenseitig zurückwerfen, während ein um noch so wenig stärker bewegter Körper seine Richtung beibehält und die des andern umkehrt, tritt deutlich zu Tage, wenn man sich den Unterschied der Bewegungen allmählich bis zur Null abnehmend denkt, wobei dann ein verschwindender Unterschied in den

[1] *Oe.* VII p. 310. — [2] Vgl. WOHLWILL, *Beharrg.* S. 154.

Ursachen, nämlich in den Bewegungsgröfsen, zur Folge hätte, dafs in den Wirkungen ein plötzlicher Sprung, ein Übergehen von der einen Richtung in die entgegengesetzte einträte. Die Aufdeckung dieses Fehlers benutzt Leibniz als eine der ersten Anwendungen seines Kontinuitätsprinzips.[1]

Descartes kam über diesen Widerspruch nicht fort. Er besafs das eine Grundprinzip der Mechanik, das Beharrungsgesetz, er besafs auch in der Bewegungsgröfse ein Mafs für die sich erhaltende Bewegung, aber es fehlten ihm die beiden andern Prinzipien der Mechanik, der Satz von der Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung und derjenige von der Unabhängigkeit nebeneinander bestehender Kräfte. Daher konnte er zu keinem praktischen Erfolge seiner Voraussetzungen kommen, und es wurden sowohl seine Stofsgesetze falsch als auch seine Fallgesetze. Er war ursprünglich über die Fallbeschleunigung derselben Ansicht wie Galilei, aber er ging in Konsequenz seines Systems davon ab, da ihm die Voraussetzung einer konstanten Kraft und eines leeren Raumes etwas Unmögliches erschien. Da er die Schwere hydrostatisch erklärte, so mufste es ihm als unsinnig erscheinen, sie im leeren Raum vorauszusetzen. Wohl ist er sich über die Zusammensetzung der Geschwindigkeiten nach dem Beharrungsgesetze klar, aber er glaubt nicht, dafs dieser theoretische Fall in der Natur vorkäme, den er problematisch in seinen Aufzeichnungen und zehn Jahre später im Anschlufs daran[2] in dem früher citierten Briefe an Mersenne erörtert hat. Er ist der Meinung, dafs eine konstante Kraft in der Natur nicht existiere, sie liege denn in dem bewegten Körper selbst,[3] und dafs die Körper sich in Bezug auf die Aufnahme einer neuen Kraft verschieden verhielten, je nachdem sie heftig oder mäfsig bewegt sind.[4] Letzteres war allerdings thatsächlich falsch, ersteres verkannte nur die eigene Meinung Galileis, welchem ebenfalls die Annahme einer äufseren konstanten Kraft ferngelegen hatte. Aber diesen Irrtum über die Ableitung der beschleunigten Bewegung durch Galilei teilte Descartes mit sämtlichen

---

[1] *Philos. Schrift.* hg. v. Gerhardt. III S. 53.
[2] *Oe.* VI p. 76. — [3] *Observ. Météor. Oe. inéd.* p. 88.
[4] *Oe.* VI p. 216.

Epigonen des groſsen Begründers der Mechanik. Schon aus seinen frühesten Aufzeichnungen ist ersichtlich, daſs er sich der ganzen Bedeutung der mathematischen Behandlung der Bewegungslehre, die er auch an Galilei rühmt, bewuſst war und nicht weniger wie Galilei überzeugt war, die Fundamente einer neuen Wissenschaft damit zu legen.[1]

Descartes war sogar selbst auf dem Wege, wenn nicht die Stoſsgesetze, so doch das richtige Kräftemaſs aufzufinden. Er lehrte bereits, daſs es dieselbe Kraft sei, welche ein Gewicht auf eine bestimmte Höhe hebe, als diejenige, welche ein zweimal kleineres auf eine zweimal gröſsere Höhe hebe.[2] Damit kam er, wie schon Leibniz[3] bemerkt hat, dem wahren Begriffe der Kraft, d. h. dem Leibnizschen, näher als in den *Principien*. Nahm Descartes das Produkt aus der Masse und der Erhebungshöhe zum Maſse der Kraft, so hatte er das, was wir die lebendige Kraft nennen; aber er bemerkte nicht den Unterschied zwischen diesem Kraftmaſs und der Bewegungsgröſse. Und hier rächt sich in eigentümlicher Weise Descartes' Nichtachtung der Fallgesetze Galileis. Denn nach diesen verhalten sich die Höhen, bis zu welchen emporgeschleuderte Körper aufsteigen können, wie die Quadrate ihrer Anfangsgeschwindigkeiten; und daraus schloſs später Leibniz, daſs das Produkt aus Masse und dem Quadrat der Geschwindigkeit als Kraftmaſs zu nehmen sei. Dieser Einsicht verschloſs sich Descartes.

Das dynamisch Reale, wodurch sich der physische Körper vom mathematischen, das Raumerfüllende vom Raume unterscheidet, nennen wir Energie. Sie ist das unmittelbar Gegebene, das empirisch Reale der Bewegung. Die Aufgabe bestand darin, diese Empfindungsthatsache als Gröſse darzustellen, ein mathematisches Maſs für dieselbe zu finden. Hierzu war zunächst die Auffassung derselben als eine intensive Realität im Zeitmoment nötig, welche eine gesetzlich bestimmbare Tendenz zur Fortsetzung der Bewegung enthält. So weit war Galilei unter dem Denkmittel der Variabilität gekommen.

---

[1] „Ut autem hujus scientiae fundamenta jaciam". *Oe. inéd.* p. 18. Vgl. auch Schaller, I S. 305.

[2] *Oe.* VII p. 310. — [3] *Philos. Schrift.* hg. v. Gerhardt II S. 80.

Aber die weitere Schwierigkeit bestand darin, dafs das empirische Datum der Energie die begriffliche Analyse in zwei neue Elemente erforderte, in die Geschwindigkeit und in die Masse. Das empirisch Einfache der Energie ist begrifflich eine Funktion zweier intensiver Gröfsen, und erst wenn diese und ihre gegenseitige Abhängigkeit erkannt ist, wird die Objektivierung der Bewegung vollständig. Die intensive Gröfse der Geschwindigkeit ist durch die extensiven Gröfsen des Raumes und der Zeit definierbar; die Masse jedoch läfst sich auf diese allein nicht zurückführen, sondern erfordert die Einführung einer neuen Einheit, und erst wenn diese aus dem empirisch Realen der Energie herausgelöst ist, besitzt man das spezifische Mafs für den physischen Körper im Unterschied vom geometrischen. Jede Energieform, d. h. jede unmittelbar gegebene Empfindungsänderung, ist als Gröfse darzustellen, indem sie als Funktion zweier andrer Gröfsen erkannt wird. Weil sie nämlich als räumlicher Vorgang bestimmt werden mufs, ist in ihr ein veränderliches und ein konstantes Element zu unterscheiden; ersteres als Bedingung des W e c h s e l s der Empfindung, letzteres als Bedingung der Beziehung des Denkens auf ein k o n s t a n t e s S u b s t r a t; ersteres ein Produkt der Variabilität, letzteres der Substanzialität. In der Energie der mechanischen Bewegung ist das veränderliche Element die Geschwindigkeit, das konstante die Masse des bewegten Körpers.[1] Energie als Mafs der Bewegung ist die Vorbedingung der gesetzlichen Erkennbarkeit der Wechselwirkung. Sie bestimmt das Verhalten eines Körpers, sowohl insofern er Teil eines Systems, als auch insofern er ein individueller Körper (oder Körperelement) ist. Was den Körper als Individuum im mechanischen System charakterisiert, ist die Masse. So lange aber diese Beziehung zwischen Masse und Geschwindigkeit nicht genauer erkannt war, konnte auch das Verhältnis der dynamischen Realitäten von Raumerfüllung und Wechselwirkung nicht geklärt werden. Wir sehen daher bei DESCARTES, dafs er die Masse des Körpers auch nur extensiv fafst, als Ausdehnung, und da ihm diese Substanz ist, in der Substanzialität des Körpers zugleich die raumerfüllende Kraft für gegeben

[1] Vgl. 4. Buch, 6. Abschn. 3. Kap., B.

erachtet. Raumerfüllung aber ist eine intensive Gröfse, und der Substanzbegriff verbindet nur das Raumelement als Einheit mit der Energie. Die Gröfsenbestimmung der letzteren war erst aus Galileis Entdeckungen zu entnehmen.

So zeigt sich überall, wie die Mängel der cartesischen Physik sich darauf zurückführen lassen, dafs Descartes noch das Denkmittel der Variabilität fehlte. Die Kontinuität der physikalischen Veränderungen vermochte er daher nicht herzustellen. Es ist eine Nachwirkung der Scholastik, wenn Descartes die Bewegung noch als einen Modus der Substanz auffafst und die Ruhe als der Bewegung entgegengesetzt betrachtet. Nur durch das Denkmittel der Variabilität war die Bewegung als eine eigene, nicht auf Substanzialität zu gründende Realität zu erkennen und die Ruhe als Grenzfall der Bewegung zu erfassen. Es war Descartes nicht fremd, dafs das Bedürfnis für ihn vorlag, die Bewegung der einzelnen materiellen Teilchen im einzelnen Augenblick als eine Tendenz zur Bewegung aufzufassen und diese intendierte Wirkung als eine mefsbare Gröfse zu erkennen, aber in welcher Weise dies geschehen konnte, dazu fehlte ihm der Schlüssel.

Wenn nun Descartes in dieser Hinsicht zweifellos hinter Galilei zurücksteht, so wäre es doch durchaus einseitig, seine aufserordentlichen Verdienste um die Förderung der Physik zu unterschätzen. Dieselben liegen nur auf einem andren Gebiete, als dem eben kritisierten; sie liegen in der konsequenten Durchführung seiner Korpuskulartheorie. Hier hat er alles das geleistet, was mit Hilfe des Denkmittels der Substanzialität zu leisten war, um ein auf mechanische Kausalität zu gründendes Natursystem zu ermöglichen, und es blieb der Zukunft nur überlassen, durch die galileische Auffassung der Bewegung als intensive Realität der mechanischen Korpuskularphysik Descartes' wissenschaftlichen Wert, d. h. mathematische Darstellungsfähigkeit zu verleihen. Die Entwickelung der modernen Physik wäre nicht möglich gewesen, wenn nicht neben Galileis Mechanik das System der substanziellen Korpuskeln Descartes vorgelegen hätte.

4. Bedeutung Descartes' für den Fortschritt der Korpuskulartheorie.

Um die Umwälzung, welche die Naturerklärung durch DESCARTES' Physik erlitt, genügend zu würdigen, braucht man nur auf die Stellung einen Blick zu werfen, welche er sich selbst mit vollem Bewufstsein zur Scholastik seiner Zeit gegeben hat. In den *Meteoren* ist er zwar, um es mit den „Philosophen“ nicht zu verderben, noch so vorsichtig zu sagen, dafs er durchaus nichts von dem leugnen wolle, was sich dieselben sonst noch in den Körpern vorstellen, wie ihre substanziellen Formen und reellen Qualitäten, und dafs er nur glaubt, mit weniger auskommen zu können,[1] aber in seinen Briefen spricht sich überall eine souveräne Verachtung der Scholastik aus. Er hatte sich längst in einer für seine Zeit seltenen Weise der Art des scholastischen Denkens entwöhnt und war seine eigenen Bahnen gewandelt; der Schulausdrücke enthielt er sich, um allgemein verständlich zu sein; deshalb schrieb er auch mit Vorliebe französisch, und wir haben oben gesehen, dafs die Schwierigkeit, die scholastische Erklärung der Bewegung in seine Muttersprache zu übersetzen, ihm für deren Unklarheit beweisend schien. Als ihm der Streit mit den Jesuiten (1640) die Auseinandersetzung mit der Scholastik nahelegt, gesteht er MERSENNE, dafs er seit zwanzig Jahren keinen Scholastiker gelesen habe, und die *Conimbricenses* sind der einzige Name, auf den er sich als den der Verfasser eines Lehrbuches besinnen kann. Bei MERSENNE erkundigt er sich nach einem neueren Werke derart und nach einem kurzgefafsten Kompendium der scholastischen Philosophie.[2] Er lernt nun-

---

[1] *Météor. Oe.* V p. 166. Wenn FREUDENTHAL (*Arch. f. Gesch. d. Philos.* I S. 114) darauf aufmerksam macht, dafs diese Äufserung auch noch 1642 (*Oe.* VIII p. 580) wiederholt wird, so ist zu bemerken, dafs es sich in diesem Briefe an REGIUS nur um das (keineswegs in Schutz zu nehmende) vorsichtige Verfahren DESCARTES' handelt, seinen neuen Standpunkt in der Öffentlichkeit zu verschleiern, um keinen Anstofs zu erregen. DESCARTES schreibt REGIUS, wenn er nach seinem Rezept verfahren wäre, würden seine Zuhörer die substanziellen Formen nicht anerkannt, und er doch die Mifsgunst seiner Kollegen vermieden haben.

[2] *Oe.* VIII p. 348.

mehr EUSTACHIUS DE ST. PAULO kennen, und als Kompendium empfiehlt ihm MERSENNE das von DE RACONIS.[1] Infolge seiner näheren Beschäftigung mit der Scholastik geht er mit der Absicht um, seine Physik zugleich mit der des EUSTACHIUS und in Form von Anmerkungen zu dessen Erklärungen zu veröffentlichen, um durch diese stillschweigende Gegenüberstellung die Überlegenheit der seinigen glänzend zu beweisen und zugleich ihre Einführung zu erleichtern.[2] Er hält es nicht für schwierig, die Scholastiker zu widerlegen, weil die Grundlagen, in denen sie übereinstimmen, leicht umzuwerfen seien, womit ihre speziellen Streitfragen, in denen sie sich selbst bekämpfen, hinfällig werden.[3] Wie widerwärtig ihm, dem alles auf die Sache selbst ankam, die scholastischen Wortklaubereien waren, mag man recht aus der mühsam durch Höflichkeit unterdrückten Ungeduld erkennen, mit welcher er die spitzfindigen Haarspaltereien in den Einwendungen MORINS widerlegt. Dieser eingebildete Reaktionär der Astronomie hielt einen DESCARTES mit langatmigen Vorwürfen auf, daſs er *motus* und *propensio ad motum* gleichsetze, das Wörtchen „*comme*" im falschen Sinne gebrauche, keine genügende Definition vom Lichte gegeben habe, u. dgl. mehr. Im Anfange begnügt sich DESCARTES in seinen Antworten mit einer versteckten und feinen Ironie, indem er sich der dialektischen Ausdrücke der Schule bedient, wie *distinguo*, *nego consequentiam* u. s. w.; bei den wiederholten Spitzfindigkeiten aber reiſst ihm schlieſslich die Geduld, so daſs er z. B. entgegnet, MORIN bilde Schwierigkeiten in den Worten, wo gar keine sind, oder, die substanziale Form der Sonne, insofern sie sich von deren Eigenschaften unterscheide, sei ihm ein philosophisches Ding, das er nicht kenne.[4] Vom Lichte habe er allerdings keine schulgerechte Definition gegeben, *per genus et differentiam*, aber er habe auch keine geben wollen, um überflüssige Schwierigkeiten zu vermeiden.

Man kann aus diesem Briefwechsel vom Jahre 1638 deutlich ersehen, wie sich DESCARTES in einer ganz neuen und eigen-

[1] *Oe.* VIII p. 389, 391.
[2] *Oe.* VIII p. 407, 408. Diesen Streich führte später CLARKE gegen DESCARTES zu Gunsten NEWTONS an dem ROHAULTschen Lehrbuche aus.
[3] *Oe.* VIII p. 388, 389. — [4] *Oe.* VII p. 283.

artigen Auffassung der Dinge fühlte. Wenn er dabei selbst stärker, als ihm bewufst war, unter dem Einflusse des die gesamte Zeitbildung beherrschenden Systems stand, so kann dies der Thatsache doch keinen Abbruch thun, dafs sein ganzes Streben auf die Überwindung jener Hemmung freier Erkenntnis gerichtet war. Während MORIN sich ängstlich an Worte und unzureichende Definitionen klammert, ist DESCARTES die lebendige Anschauung der Sache selbst aufgegangen, und er giefst seine klare Auffassung der Dinge in die durch keine traditionellen Termini gefesselten Formen einer modernen Sprache.

Von seinem ganz neuen Standpunkt aus ging er mutig an die Aufstellung einer umfassenden Welterklärung, die in dieser vollendeten Weise zum ersten Male vor die Augen der erstaunten Welt trat. Und mit welch aufserordentlichem Geschick wufste er alles zu benutzen, was die Wissenschaft bis zu seiner Zeit ihm zu seinem Zwecke darbieten konnte! Wir haben gesehen, wie er durch die Annahme, dafs die blofse Ausdehnung, auch in der Ruhe, Widerstand bedeute, zur Korpuskulartheorie und damit zu einer der Atomistik verwandten Theorie der Materie gedrängt wurde. Aber damit gewann er zugleich den wichtigen Vorteil, die Hilfsmittel der Atomistik zur Erklärung der Körpererscheinungen anwenden zu können und doch die gegen den leeren Raum ausgesprochenen Bedenken, sowie diejenigen gegen die Unteilbarkeit der letzten Teile der Materie zu umgehen. Während er sich daher theoretisch in Gegensatz zur Atomistik stellt, steht er praktisch ganz auf dem Standpunkte der Erneuerer der Korpuskularphysik und ist selbst einer der einflufsreichsten Beförderer der physikalischen Atomistik.[1] Dadurch, dafs er auch die zur Erklärung der Körperwelt angenommenen Teilchen selbst wieder als eventuell teilbar auffafst, bringt er ein neues Erklärungs-

---

[1] Wenn F. A. LANGE (*Gesch. d. Mater.* I. S. 200) von DESCARTES sagt: „Er setzt an die Stelle der Atome kleine, runde Körperchen, die in der That ebenso unverändert bleiben, als die Atome," so ist das trotzdem nicht genau. Denn kleine, runde Körperchen sind bei DESCARTES nur die Teilchen des zweiten Elements, der *materia coelestis*, und auch diese sind erst durch Abreiben sphärisch geworden. Die Teilchen der irdischen Körper dagegen, welche den Atomen der Physik entsprechen, bleiben keineswegs unverändert, sie sind biegsam, dehnen und strecken sich etc.

mittel bei und begründet die relative Atomistik. Seine Korpuskeln sind, allerdings zum Teil auf Kosten der Begreiflichkeit, sowohl biegsam als teilbar, und diese Geschmeidigkeit verleiht ihnen eine reiche Anwendbarkeit, aber sie eröffnet freilich auch der Willkür Thür und Thor. Man darf hier einen teilweisen Rückfall DESCARTES' aus seinem Streben nach rationaler Fassung des Körperbegriffs in die sinnlichen Deutungsweisen seiner korpuskulartheoretischen Vorgänger annehmen.

Was in der antiken Atomistik das Volle vom Leeren unterschied, nämlich die Undurchdringlichkeit und die Bewegung, das behält DESCARTES als Charakteristicum der ausgedehnten Substanz bei; aber er läfst die dritte Eigenschaft der Atome, ihre unveränderliche Gestalt, fallen, und gibt dem Gesamtinhalte der unendlichen, räumlichen Ausdehnung jene ersten beiden Eigenschaften des antiken „Vollen“ oder „Seienden.“

Mit der Verwerfung der Unteilbarkeit der Atome und des leeren Raumes glaubt DESCARTES einen wesentlichen Schritt über DEMOKRIT hinaus gethan zu haben. Einen weiteren Unterschied seiner Lehre gegen die demokritische sieht er darin, dafs DEMOKRIT den Atomen Schwere beilegte, „die ich in keinem Körper für sich anerkenne, sondern nur, soweit er von der Lage und Bewegung andrer Körper abhängt und darauf bezogen wird.“[1] Hierin hat nun DESCARTES nicht Recht, denn abgesehen davon, dafs nicht DEMOKRIT, sondern EPIKUR den Atomen Schwere beilegt, so will doch auch dies nichts andres sagen, als dafs dieselben eine anfangslose Bewegung besitzen,[2] nur dafs letztere bei EPIKUR ursprünglich in einer bestimmten Richtung — daher das „Fallen“ der Atome — statthat, während DESCARTES jedem Teile der Materie von Gott ebenfalls ursprünglich irgend eine Bewegung einprägen läfst, gerade wie sie die Atome DEMOKRITS ursprünglich besitzen. Sehr übel nimmt es DESCARTES, dafs gewisse Gegner seine Physik ein zusammengestoppeltes Flickwerk aus DEMOKRIT (*centones* DEMOCRITI) genannt hatten, und er weist mit Selbstbewufstsein auf die grofse Reihe von Naturerscheinungen hin, die er durch

---

[1] *Princ.* IV, 202.

[2] Vgl. H. C. LIEPMANN, die *Mechanik der Leukipp-Demokritschen Atome.* Berlin 1885. S. 53 f., 66 f.

seine Annahmen selbständig erklärt hatte,[1] und auf die Übereinstimmung, in welcher alle diese Annahmen untereinander stehen.[2]

In der That war die Verwandtschaft mit der antiken Atomistik einer der wichtigsten Züge bei DESCARTES, denn das Wesentliche, um das es sich bei der Aufstellung einer mechanischen Physik im Gegensatz zu den substanziellen Formen handelte, war doch nächst den Prinzipien der Mechanik die Substanziierung der Materie. Keiner der Erneuerer der Atomistik hatte diese mit ausreichender Kraft durchgeführt, weder BRUNO, noch SENNERT, noch BACON oder BASSO. Erst DESCARTES befreit sich wieder von den Qualitäten und dirigierenden Formen in den Korpuskeln und setzt die Undurchdringlichkeit und die Bewegung der materiellen Teilchen als die einzigen Realitäten der Körperwelt in ihre Rechte. Wir hatten gewichtige Bedenken gegen die Art der Einführung seiner Begriffe, gegen seine Ableitung des Körperbegriffs, ja gegen seine Auffassung der Ausdehnung als Substanz zu erheben, und diese Bedenken bleiben vollständig bestehen; sie zeigen die Schwächen in der Begründung seines Systems auf, welche in der Folge immer deutlicher hervortreten werden. Aber dies hindert nicht, daſs das Resultat, zu welchem DESCARTES kam, von dauerndem Werte für die Geschichte der Physik ist und bleiben wird, insofern es die belehrende Verdeutlichung des ihm vorschwebenden wissenschaftlichen Ideals ist. Seine Fehler verhinderten ihn, die Individualisierung der Materie zu vollziehen, aber wohl vermochte er dieselbe anzubahnen durch die begriffliche Fixierung des Substrats der Bewegung in dem substanziellen Korpuskel. Es kam darauf an, die Teile des erfüllten Raumes voneinander zu unterscheiden durch begriffliche Merkmale, welche eine quantitative Darstellung zulieſsen, und hierzu machte DESCARTES einen verdienstlichen Versuch, indem er in die Bewegungsgröſse das *reale physicum* setzte, wodurch ein Teil der körperlichen Substanz vom andern verschieden ist. Es kommt hier nicht darauf an, daſs DESCARTES die tiefere Bedeutung dieser Realität, welche in der intensiven Qualität der Bewegung wurzelt, verkannte, sondern

---

[1] *Oe.* VIII p. 328. — [2] *Princ.* IV. 202.

rauf, daſs er **überhaupt** die Notwendigkeit zur Geltung
chte, die Körperwelt auf ein derartiges *reale physicum* zu
dieren, welches an Stelle des Wandels sinnlicher Qualitäten
rationalen Begriff der Bewegungsgröſse setzt. Die Er-
erer der Korpuskulartheorie begnügten sich mit der sinn-
en Veranschaulichung der in den Korpuskeln statthabenden
änderungen, Descartes sucht sich von diesem sinnlichen
ndpunkte frei zu machen und das Korpuskel zum Gegen-
nde des begrifflichen Denkens zu erhöhen. Während das
rdienst, die Bewegung objektiviert zu haben, Galilei zu-
nmt, that Descartes einen zweiten für die Begründung der
ysik notwendigen Schritt, indem er das quantitative Charak-
isticum der Bewegung den einzelnen Teilen der Materie als
en ursprünglichen Besitz zuerteilte. Er objektivierte die
alität der Körper in der Bewegungsgröſse ihrer einzelnen
rtikeln. Allerdings reicht dies zur Individualisierung der
terie noch nicht aus; es gehörte dazu noch der Atombegriff;
r es war nötig zur Vermittlung zwischen Gassendi und
lilei, aus welcher die Physik von Huygens hervorging.
nn die Bewegung den Raumteilen ihre intensive Realität
leihen soll, ist diese Bewegung selbst nur denkbar unter
Voraussetzung sich bewegender Raumteile **als einheit-
her Ganzen**, d. h. als substanzieller Korpuskeln. Soll
Energie der Bewegung — so müssen wir im modernen
ne statt der cartesischen Bewegungsgröſse sagen — zur
fferenzierung der Materie, d. h. zur Erklärung der verschiede-
n Wirkung der Körper dienen, so muſs sie den einzelnen
ilen derselben zukommen, diese Teile aber müssen dabei ein-
tliche Subjekte der Bewegung sein. Das ist der Grundge-
ke, welcher Descartes' mechanische Naturauffassung be-
rscht: die **Individualisierung der Raumteile** zu
ysikalischen Körpern durch quantitativ bestimmbare Unter-
iede der Bewegung. Diese Grundidee des cartesischen Sy-
ms — individuelle Korpuskeln mit quantitativ angebbaren
wegungsgesetzen — ist der mächtige Fortschritt, den Des-
rtes über die antike Atomistik hinaus leisten **wollte**, aber
rdings für sich allein nicht zu leisten vermochte. Dennoch
diese Idee das Prinzip der modernen Physik selbst und
scartes gebührt das Verdienst, sie zuerst zu klarem Bewuſst-

sein gebracht und einen Versuch der Durchführung unternommen zu haben. Dabei macht es verhältnismäfsig wenig aus, dafs seine Aufstellungen inhaltlich falsch sind, sein Begriff dessen, was er als *reale physicum* zu Grunde legte, nicht zutreffend, der mathematische Ausdruck unrichtig und fast alle seine Ausführungen verfehlt sind. Denn alle diese Fehler lassen sich verbessern und sind in der Folge durch die fortschreitende Physik verbessert worden; der Grundgedanke der cartesischen Absicht bleibt davon unberührt, und ohne ihn wäre die Mechanik nicht zur Beherrschung der Körperwelt als einer Welt bewegter Massenteilchen gelangt.

Was nun die Erklärung der Naturerscheinungen im einzelnen anbetrifft, so haben wir schon angedeutet, dafs es DESCARTES gelang, trotz seiner absoluten Raumerfüllung zu ganz denselben Erklärungsmitteln zu gelangen, wie sie die Atomistik im Vollen und Leeren oder die Korpuskularphysik in den Korpuskeln und dem Äther oder Spiritus besafs. Der scharfsinnige Kunstgriff lag in der Konstruktion seiner drei Materien, von denen ihm die erste und zweite sowohl den Dienst des leeren Raumes leisteten, nämlich freie Bewegung zu schaffen, zugleich aber auch als kraftlieferndes und kraftübertragendes Mittel dienten. So ist es ihm möglich, durch die verschiedene Zusammensetzung der Körper aus dem dritten und den beiden ersten Stoffen zum Begriff der Dichtigkeit zu kommen, welche das Verhältnis des Gehalts eines Körpers an dritter Materie zu seinem Gesamtvolumen bedeutet. Der gelungene Versuch, die verschiedenen Stoffe auf einen einzigen Grundstoff zurückzuführen, gehört zu den grofsartigen Gedanken in der Geschichte der Theorien der Materie. Von nicht geringerem Scharfsinn, wie die mechanische Erklärung der Dichtigkeit, ist DESCARTES' mechanische Erklärung der Elasticität, wodurch er die festgewurzelte und beliebte *qualitas occulta*, welche man Elasticität nennt, und die noch heute so viel Verwirrung anrichtet, auf die Bewegung der materiellen Teilchen zurückführte und zeigte, dafs die Elasticität erklärbar sei ohne Zuhilfenahme elastischer Kräfte. Seine mechanische Wärmetheorie enthält den Grundgedanken der modernen Lehre. Nicht minder genial sind die hydromechanische Erklärung der Schwere, die Theorie des Magnetismus und viele andre Einzelheiten.

Man mufs in der That staunen über diese Erfindungskraft, mit welcher DESCARTES die mannigfaltigsten Erscheinungen mit seinen Grundprinzipien in Einklang zu setzen weifs.

Sobald er freilich von den allgemeinen Eigenschaften der Körper zur Erklärung ihrer speziellen Unterschiede übergeht, da beginnt der „physikalische Roman“,[1] da tritt eine derartige Willkür der Hypothesen auf, dafs wir es aufgeben müssen, ihm in seine Erdichtungen zu folgen. Bis dahin jedoch sind seine Hypothesen gerechtfertigt, er stellt sie nur auf, um sie an den Erscheinungen zu prüfen und verfährt in dieser Hinsicht nach der berechtigten Methode der mathematischen Naturwissenschaft. Nur liefs er sich durch die Annahme, dafs die Natur auf dem einfachsten Wege verfahre, dazu verleiten, nun auch die einfachsten Erklärungen, welche sich darbieten, ohne Weiteres schon für die wahren zu halten.[2] Wenn es ihm nicht ohne Willkürlichkeiten weiter vorzuschreiten gelang, so müssen wir uns dagegen erinnern, dafs auch heute noch die mathematische Theorie der Konstitution der Körper in den ersten Anfängen liegt, dafs aber zu DESCARTES' Zeiten garnicht daran zu denken war, irgend jemand hätte etwas besseres leisten können.[3] Seltsamerweise hat sich DESCARTES eine Hypothese entgehen lassen, welche wir bei seinen Zeitgenossen finden, nämlich die molekulare Konstitution der Materie. Er gibt den einzelnen Korpuskeln die verzwicktesten Gestalten, aber er unterläfst es, zwischen Korpuskeln verschiedener Ordnung zu unterscheiden, in denen sich Teilchen von bestimmter Gestalt zu neuen Korpuskeln mit neuen Eigenschaften zusammensetzen lassen.

Der Mangel der speziellen physikalischen Theorien DESCARTES' liegt hauptsächlich im Verlassen seines eigenen Prinzips, wozu er infolge des ihm fehlenden Denkmittels der Variabilität und der noch nicht vorhandenen mathematischen Beherrschung der Bewegungsgesetze gezwungen war. DESCARTES ist der

---

[1] MONTUCLA, II p. 327. — [2] Vgl. NATORP S. 13.

[3] Sehr richtig sagt D'ALEMBERT: „Reconnaissons donc que DESCARTES, forcé de créer une physique toute nouvelle, n'a pu la créer meilleure, et que s'il s'est trompé sur les lois du mouvement, il a du moins deviné qu'il devait y en avoir.“ Vgl. BOUILLIER I p. 215.

Apostel der mathematischen Theorie der Materie, aber nur in der Optik hat er es wirklich zu mathematischen Erklärungen und damit auch zur Aufstellung dauernder Gesetze gebracht. Hier, wo es sich nur um geradlinige Fortpflanzung der Bewegung handelt, reichten seine Mittel aus; in der Komplikation der wirbelnden Teilchen versagte ihm die Funktion des Kalküls. Wir treffen in seiner Physik nicht einmal den Versuch an, zu mathematisch ausdrückbaren Gesetzen zu gelangen, welche durch Messung in der Erfahrung zu prüfen gewesen wären. Nirgends finden sich Zahlenangaben und bestimmte Gröfsenermittelungen, sondern nur allgemeine Erwägungen, über deren Übereinstimmung mit der Erfahrung sich nichts Sicheres ausmachen liefs. Hier hinderte ihn der gegenseitige Drang seiner raumausfüllenden Materien zur Abstraktion einer reinen und einfachen Bewegung zu kommen. So verwarf er GALILEIS Fallgesetze, weil er wufste, dafs sie in der Natur, wo es kein Leeres gibt, nicht rein zur Geltung kommen können. Dadurch wurde er verhindert, seinen Grundsatz von der Wahrheit des klar und deutlich Erkennbaren in der Physik durchzuführen. Denn hier ist klar und deutlich erkennbar nur dasjenige, was sich messen läfst, bei DESCARTES aber waren allein die Grundlagen der Theorie derartige, d. h. mathematische; in allen Anwendungen fehlt die Berechnung, fehlt das numerische Resultat, und die vage Vermutung tritt an seine Stelle. Er konnte hier zu keinen genügenden Ergebnissen kommen, weil bereits seine Bewegungsgesetze falsch waren. Die Erkenntnis der Dynamik war ihm versagt. Seine unglückliche Lehre vom Stofs, wobei er aus Mangel an Kenntnis des Prinzips der gleichen Wirkung und Gegenwirkung die Richtung als unabhängig von der Geschwindigkeit und bewegenden Kraft ansah, war die Ursache, welche alle seine Bemühungen um dauernde Resultate vernichtete.

Während es in der Molekularphysik an genügend festgestellten Thatsachen zur Prüfung der cartesischen Theorie fehlte, waren in der Astronomie solche Thatsachen durch KEPLER vorhanden. Dafs es DESCARTES nicht gelang, diese Bewegungsgesetze der Planeten mathematisch abzuleiten, war das Hauptbedenken, welches die Astronomen gegen ihn einnahm. Von dieser Seite wurden daher seiner Theorie die gewichtigsten Einwendungen gemacht.

Allerdings mufs man auch hier bei der Beurteilung DESCARTES' berücksichtigen, dafs es aufser der unhaltbaren Sphärentheorie des ARISTOTELES, die sich auf die geocentrische Auffassung bezog, keine physische Erklärung der Bewegung der Planeten gab, ja dafs es auch jetzt noch keine mechanische Erklärung der Planetenbewegung gibt, wenn man darunter eine solche versteht, welche die fernwirkenden Centralkräfte ausschliefst. Wenn D'ALEMBERT (*Discours préliminaire de l'Encyclopédie*) mit Recht betont, dafs es ein viel gröfserer Fortschritt von den substanziellen Formen zu den Wirbeln gewesen sei, als von den Wirbeln zur Gravitation, so dürfen wir hinzufügen, dafs der letztere Schritt nur mathematisch ein Fortschritt war, DESCARTES' Vorschlag aber der bedeutendste mechanische, der in der astronomischen Welterklärung überhaupt gemacht wurde. Versuche, auf Grund der cartesischen Prinzipien die Bahnen der Planeten abzuleiten, sind erst später aufgenommen worden, und diese haben zum Teil zu neuen Hypothesen über die Wirbel geführt, schliefslich aber, da sie stets unvollkommen blieben und durch NEWTON verdrängt wurden, zugleich zur Auflösung der cartesischen Physik mit beigetragen.[1]

Bei dieser Gelegenheit möge die Stellung DESCARTES' zur Lehre von der Bewegung der Erde Erwähnung finden. Er hatte, nachdem es GALILEI verboten worden war, die Erdbewegung auch nur als Hypothese zu vertreten, seine Physik (1633) unterdrückt. Verändert aber hat er dieselbe nicht, sondern nur die Relativität der Bewegung etwas mehr betont, um seinen Kunstgriff anwenden zu können, wodurch er wenigstens dem Wortlaut nach von einer Ruhe der Erde sprechen konnte. Die Erde ist nämlich nicht bewegt, weil Bewegung blofs in der relativen Verschiebung, d. h. in der Fortführung aus der Nachbarschaft andrer Körper besteht, die umgebenden Teile aber begleiten die Erde, welche mit dem ganzen Wirbel herumgeführt wird und demnach keine eigene Bewegung besitzt. Streng genommen verfehlt auch dieser Winkelzug seinen Zweck, denn die Teilchen des Wirbels haben mit der Erde gar nicht dieselbe Geschwindigkeit, sondern nur dieselbe Bewegungsgröfse und bewegen sich thatsächlich geschwinder als die Erde. Aber

[1] Vgl. darüber bes. MONTUCLA II p. 215 f., p. 327 f.

dieses Zurückbleiben der Erde wird so aufgefafst, dafs die Teilchen sich von ihr entfernen und sie selbst in Ruhe bleibt.

Man hat insbesondere von Seiten der Physiker DESCARTES den Vorwurf gemacht, dafs er in selbstzufriedener Überhebung die gleichzeitige Forschung verachtet und sich absprechend gegen die Entdeckungen der grofsen Zeitgenossen verhalten habe. Aus seinen Schriften lassen sich sowohl Stellen anführen, in denen er die hypothetische Geltung seiner physikalischen Erklärungen betont,[1] als auch solche, aus denen die volle Überzeugung von der Alleingiltigkeit seines Systems[2] spricht, aber man wird nicht irren, wenn man annimmt, dafs er in der That davon überzeugt war, die allein stichhaltige Welterklärung inhaltlich und methodisch gegeben zu haben. Wie aber soll in dieser Überzeugungstreue eine Schwäche liegen? Ist es doch gerade die Stärke eines Forschers, dafs er seine Methode und seine aus dem charakteristischen Wesen seines Denkens hervorgegangene Weltauffassung zur vollen Geltung bringt, sobald er sich von der Fruchtbarkeit derselben überzeugt hat.

Man verkennt den Zustand der Wissenschaften in der Mitte des 17. Jahrhunderts, wenn man behauptet, DESCARTES habe mit unerträglichem Hochmut gehandelt, indem er die Mechanik GALILEIS zurückweist und schreibt, er habe in den Büchern desselben nichts gefunden, was er beneide, und fast nichts, was er als das Seinige anerkennen möchte. Uns, die wir wissen, dafs GALILEIS Entdeckung der Bewegungsgesetze die Möglichkeit der Naturwissenschaft überhaupt erst erzeugte, mufs eine solche Äufserung freilich anmafsend genug klingen. Aber DESCARTES war nicht in dieser Lage. Das Gesetz der beschleunigten Bewegung hatte er selbst unter der Voraussetzung der Existenz eines leeren Raumes und einer konstanten Kraft hergeleitet. Die Frage war jetzt nur noch, ob dieser Fall in der Natur realisiert sei; dies aber zu entscheiden, ist, wie DESCARTES wiederholt betont, lediglich Sache der Erfahrung. GALILEI wies nach, dafs die Körper nach diesem Gesetze fallen. DESCARTES schien das Experiment nicht beweisend, er konnte sich nicht überzeugen, dafs es einen leeren Raum und eine kon-

---

[1] Z. B. *Princ.* III, 47. IV, 204.

[2] Z. B. *Discours*, *Oe.* I, p. 168, 170, *Lettres*, *Oe.* VIII, p. 208.

stante Kraft gebe. Daher mufste er GALILEIS Entdeckung abweisen. Seine Kritik GALILEIS darum „höchst komisch“[1] zu nennen, ist jedoch ebenso unmotiviert, wie der Vorwurf „einer sträflichen Überschätzung der Sicherheit seines eigenen Denkens“.[2] Wenn man den vielcitierten Brief an MERSENNE über GALILEIS Mechanik, der zu den üblichen Verdammungsurteilen über DESCARTES Veranlassung gegeben hat, unbefangen durchliest,[3] so erkennt man wohl, dafs die spätere Entwickelung der Physik GALILEI in vielem Recht gegeben hat, nicht aber dafs DESCARTES sich der Belehrung eines Besseren hartnäckig verschlossen habe. Stellt man sich vielmehr auf den Standpunkt der Physik jener Zeit, so kann man höchstens sagen, dafs DESCARTES' und GALILEIS Ansichten einander gleichwertig gegenüberstanden. Bewiesen war weder für die eine noch für die andre Meinung etwas Entscheidendes. Dagegen hatte DESCARTES' systematisch-mechanische Naturerklärung alle Vorteile der unmittelbaren Anschaulichkeit und der fruchtbaren Anwendung für sich und wurde durch die Erfolge gestützt, welche seine Methode thatsächlich durch gewichtige Entdeckungen errungen hatte. DESCARTES verschliefst sich durchaus nicht den Verdiensten GALILEIS, mit welchem er sich vielfach auf gleichem Wege fühlt, und erkennt sie bereitwillig an, soweit er es vermag, ohne seinen eigenen bewährten Prinzipien zu widersprechen. Aber ihm war die mechanische Erklärung der Schwere die Hauptsache; und dieser war er, dafs müssen wir heute zugeben, ohne den Verdiensten GALILEIS Abbruch zu thun, entschieden näher gekommen, als GALILEI. Will man

[1] DÜHRING, *Gesch. d. Mech.* S. 106.

[2] ROSENBERGER, *Gesch. d. Phys.* II, S. 116.

[3] Man beachte die Stelle (VII, p. 443), in welcher DESCARTES sagt, dafs er sich nur aus persönlicher Rücksicht auf MERSENNE zu seinen kritischen Bemerkungen entschlossen habe, und fortfährt: „sans cela je ne me serois pas amusé à reprendre les fautes d'un autre, car il n'y a rien de plus contraire à mon humeur, et du moins si je l'avois fait, j'aurois été plus exact à y ajouter les raisons de mes jugements, afin que ceux qui ne me connoissent pas comme vous ne se pussent imaginer que j'eusse jugé sans raison.“ Man mufs eben, um DESCARTES gerecht zu beurteilen, bedenken, dafs MERSENNE mit der Entstehung und Begründung der cartesischen Physik vertraut war und daher wufste, dafs die von GALILEI berührten Probleme auch von DESCARTES gewissenhaft durchgedacht waren.

die Schwere mechanisch erklären, so mufs man allerdings schliefsen, dafs es im absolut leeren Raum keine Schwere gibt, und darum durfte DESCARTES sagen, dafs GALILEI mit seinen Annahmen ohne Fundament gebaut habe. Wenn er fortfährt: „Denn er hätte zuvor bestimmen müssen, was die Schwere ist, und wenn er darin das Richtige gefunden, so hätte er gewufst, dafs sie im leeren Raum gar nicht ist", so ist diese Bestimmung der Schwere durchaus als eine mechanisch-physikalische gedacht. Es handelte sich nicht darum, wie DÜHRING fälschlich meint,[1] das Wesen der Schwere in einen Begriff zu fassen, aus welchem sich alles übrige Wissenswerte entwickeln lassen müsse, sondern es handelte sich darum, die physikalischen Bedingungen für die Schwere aufzustellen, um daraus zu erkennen, inwieweit eine Abstraktion von denselben behufs Aufstellung allgemeiner Gesetze statthaft ist. Die blofs mathematische Ableitung der beschleunigten Bewegung hatte ja DESCARTES längst gefunden; er mufste sich weiter fragen, wie in Rücksicht auf die Gesamtordnung der Natur der Fall der Körper sich gestalte und erklären lasse. In dieser Hinsicht bleibt DESCARTES nicht hinter GALILEI zurück, sondern er schreitet über ihn fort. Erst die spätere Entwickelung der Wissenschaft hat gezeigt, dafs die mechanische Erklärung der Schwere eine Aufgabe ist, welche die Kräfte der Denker noch heute übersteigt, und dafs wir uns zunächst mit mathematischen Abstraktionen begnügen müssen, wie wir sie GALILEI verdanken.

Auch jene neue Denkart GALILEIS, die wir als Denkmittel der Variabilität bezeichneten und deren Verbannung für DESCARTES verhängnisvoll war, konnte erst in der Folge in ihrer Bedeutung merkbar werden. Gegen diesen Mangel bei DESCARTES kann man nicht blind sein; man mufs ihn bedauern. Aber dagegen ist zu protestieren, dafs DESCARTES, wenn er bei der innern Konsequenz und Vollendung, welche sein System bereits gewonnen hatte, sich die GALILEIsche Auffassung der Dynamik nicht zu eigen machte, eine Fahrlässigkeit aus Eigensinn und Überhebung begangen habe. Damals konnte noch keiner der Zeitgenossen sagen, ob DESCARTES oder GALILEI in Bezug auf die raschere Förderung der Erkenntnis vor der

[1] A. a. O. S. 107.

Nachwelt Recht behalten würde. Wer möchte es da DESCARTES verargen, daſs er der Konsequenz seines eigenen Denkens am meisten vertraute? Er trifft vollständig sein Verhältnis zu GALILEI, wenn er ihm vorwirft, GALILEI expliziere nur was sei, und nicht, warum es sei.[1] Daſs dieses „Was" zunächst das Wichtigste war, ist freilich richtig; aber es ist methodisch durchaus berechtigt, nach dem „Warum" zu fragen und dem Kausalgesetz die allgemeine Anwendung zu geben, durch welche einheitliche Erkenntnis entsteht. In dieser Hinsicht hatte es DESCARTES viel weiter gebracht als GALILEI und er durfte sich daher mit vollem Rechte den Besitz der tieferen Wahrheit zuschreiben. DESCARTES war nicht *„un esprit systématique mal dirigé"*,[2] sondern in der systematischen Erfassung des Naturganzen hatte er gerade die Richtung getroffen, welche notwendig war, um die Wissenschaft aus dem systematischen Banne des ARISTOTELES zu lösen, und nur das befreiende Mittel verfehlt.

Wir dürfen Leistungen und Männer nur beurteilen nach dem Verhältnis, in welchem sie zu ihrer Zeit und dem ihnen gegebenen Standpunkt der Forschung stehen. Stellt man sich auf diesen Standpunkt, so versteht man, warum DESCARTES von der GALILEIschen Einzelforschung nichts wissen wollte, und wird seine Abweisung nicht für eine Überhebung des Philosophen ansehen, sondern für die Konsequenz der Methode, welche die Ursachen der einzelnen Erscheinung in den Gesamtbedingungen des Weltgeschehens zu erfassen strebt. DESCARTES hatte das Beharrungsgesetz und neue Bewegungsgesetze gefunden, er wuſste sich im Besitz mathematischer Methoden, welche allem bisher gekannten weit überlegen waren, er besaſs physikalische Einsichten in die Dioptrik und Meteorologie, die diejenigen seiner Zeitgenossen überragten, ihm schien sich das Welträtsel gelöst zu haben, indem er den Mechanismus des Naturgeschehens erkannte, wie von den Bewegungen unmeſsbar ferner Weltkörper bis zum dem Zucken der Muskeln und Pulse alles Werden und Vergehen den einheitlichen Gesetzen der Bewegung gehorcht — so stand er in einer der Zeit hoch überlegenen Weltanschauung und glaubte auf die Bemühungen der noch im Dunkel, das ihm gelichtet war, umhersuchenden

[1] *Oe.* VIII, p. 15. — [2] MONTUCLA II, p. 209.

Einzelforscher herabblicken zu dürfen. Ein Bewufstsein, welches der Scholastik gegenüber ganz am Platze war, übertrug er leicht auch auf die Behandlung wissenschaftlicher Fragen durch andre Gelehrte, die er nicht auf seinem eigenen methodischen Standpunkte fand, und deren Entdeckungen ihm daher irrelevant erschienen. Auch er war in das Einzelne eingedrungen, hatte experimentiert, die Natur studiert und Entdeckungen gemacht, aber er hatte sich bis zur systematischen Höhe erhoben. Nun fand er zahlreiche Wanderer auf seinem Wege, die denselben kreuzten, und auf eigne Weise zu gleichen Resultaten gelangt waren. So ging es ihm mit vielen Gedanken KEPLERS, so mit einzelnen von GALILEIS mechanischen Entdeckungen, so mit dem Brechungsgesetz des SNELLIUS, mit SCHEINERS Versuch am Ochsenauge, mit HARVEYS Theorie des Blutumlaufs, mit DEMOKRITS und BRUNOS Vielheit der Wirbel und der Welten, mit TORRICELLIS und PASCALS Versuchen vom Luftdruck und andren wissenschaftlichen Fortschritten, welche in dieser aufserordentlich regsamen Zeit gemacht wurden. In ihnen mufsten die Forscher sich begegnen, von allen Seiten wurde gleichzeitig nach denselben Zielen gearbeitet. DESCARTES waren alle diese Dinge bekannt, teils als Ideen, die ihm aufgetaucht waren, obwohl er sie noch nicht vollständig durchgearbeitet hatte, teils als fertig vorliegende Resultate, die er bei den andern weniger klar und gut antraf. Da konnte er freilich keine Lust verspüren, den Entdeckerruhm andrer besonders hervorzuheben; denn er war sich vollkommen bewufst, dafs ihm dieselben Gedanken eigen zugehörten. Was ihm entgegengebracht wurde, das wirkte zwar lebhaft anregend auf seine konstruierende Phantasie, aber er wufste wohl, wieviel Eigenes er bei jeder Frage hinzufügte und was der charakteristische Unterschied seiner Gedanken von denen andrer war,[1] und es hätte seine eigenartige Entwickelung gestört, wenn er sich durch den Gedankengang anderer hätte ablenken lassen; war er doch sicher, dafs auf seine Weise alle jene Entdeckungen sich in ein grofses System einfügten, dessen inneren Zusammenhang er durchschaute; und in diesem System hatten alle jene

[1] Vgl. hierüber seine Äufserungen gegen BEEKMANN in dem Briefe vom 17. Okt. 1630, *Oe.* VI p. 150 ff., sowie VII p. 381.

Entdeckungen ihren Platz, den er ihnen selbst angewiesen hatte; der systematische Wert aller einzelnen Erkenntnisse war zweifellos dasjenige, was er allein ihnen erteilte und wodurch sie im philosophischen Sinne erst bedeutungsvoll wurden. So erklärt sich das eigentümliche Verhalten DESCARTES' zu den Entdeckungen der Zeitgenossen, und so widerlegt sich der Vorwurf, daſs er sich miſsgünstig verhalten, ja daſs er selbst fremdes Eigentum widerrechtlich sich angeeignet habe. Wenn wir uns bestreben, die cartesischen Lehreu in ihrer geschichtlichen Abhängigkeit von der wissenschaftlichen Arbeit seiner Zeitgenossen zu verstehen und sie mit derselben in continuirlichen Zusammenhang bringen, so dürfen wir die Festigkeit der Ueberzeugung ihrem Urheber nicht als hartnäckige Rechthaberei auslegen, weil wir heute begreifen, dass die Entwickelung der Physik zunächst auf einem anderen Felde lag.

Die Verdienste der einzelnen Entdecker zu würdigen, ist die berechtigte Aufgabe der Geschichte der Wissenschaften; aber nicht geringer erscheint dann das Verdienst eines DESCARTES; denn immer ist bei ihm die einzelne Wahrheit noch etwas anderes als das Resultat angestrengter Forschung, sie ist zugleich ein Triumph der Methode und hat ihren zugeordneten Platz als Baustein in dem groſsen Tempel der Erkenntnis, welchen der Philosoph dem unerreichlichen Vorbilde des Weltschöpfers folgend aufrichtete. Dieser groſse Grundgedanke einheitlicher Welterklärung, durchgeführt in so genialer Weise, wie DESCARTES es that, ist eine unsterbliche That, ein Muster und Typus für alle Zeiten. Er gab den Beweis, daſs der Mechanismus imstande war, einheitliche Welterklärung zu schaffen, was bis dahin nur die substanziellen Formen geleistet hatten. Gegenüber dem scholastischen Natursystem stand dasjenige DESCARTES' unvergleichlich höher, nicht nur was die Sicherheit der Grundlagen, sondern auch was die Fruchtbarkeit für die Einzelforschung anbetraf, die in demselben den Hinweis zu ihrer systematischen Vollendung fand. Gegenüber GALILEI fehlte ihm allerdings die eine Bedingung des modernen physikalischen Denkens, aber die vorbildliche Kraft seines mechanischen Natursystems war darum nicht weniger wirksam und bot gerade in der Physik eine unentbehrliche Ergänzung.

Wenn auch der Fortschritt der Wissenschaften den groſsen

Aufbau DESCARTES' zertrümmerte, es blieb der Plan des Ganzen, und die Bruchstücke selbst erhielten sich und wurden in der Geschichte der Physik das Material zur Errichtung neuer Gebäude, gegründet auf vollkommenere Erfahrung als dasjenige DESCARTES', und auf die aus der neuen Denkart GALILEIS geflossenen Methoden.

Vierter Abschnitt.

Gassendi.

1. Die Entstehung der Schriften.

Die Kinetik DESCARTES' hatte das Körperproblem zu lösen versucht, ohne einen andern Unterschied in der Materie zu Hilfe zu nehmen als die Bewegung. Da er aber die räumliche Ausdehnung als identisch mit der körperlichen Substanz ansah und auch dem ruhenden Körper einen Widerstand gegen die andringende Bewegung zuschrieb, sah er sich in die Lage versetzt, Raum für die Bewegung dadurch zu schaffen, daſs er einem Teil der Materie den höchsten Grad der Bewegung zuschrieb. Während auf der einen Seite das, was den physischen Körper vom geometrischen unterscheidet, seine Wirkungsfähigkeit, nur von der Bewegung abhängen konnte, sollte gerade die Steigerung dieser Bewegung denjenigen Effekt hervorbringen, welcher sonst der bloſsen geometrischen Erstreckung des leeren Raumes zukommt, die Durchlässigkeit für bewegte Körper, indem die lebhafte Agitation der Materie ihre Zersplitterung und Fluidität zu bewirken hatte. Gegenüber dieser Schwierigkeit muſste der Ausweg, welchen bereits die alte Atomistik in der Unterscheidung von Vollem und Leerem geschaffen, als einfacher erscheinen, und es kam nur darauf an den Mut zu fassen, welcher dazu gehörte, eine von dem verachteten EPIKUR verteidigte Lehre zu vertreten und zu rehabilitieren. Es gehörte dazu ein Mann, der ebenso gründliche Kenntnisse in der

neu entstehenden Wissenschaft der Physik als in den Überlieferungen des Altertums besafs, der mit grofsem litterarischem Geschick die Geschmeidigkeit des Weltmanns, ein liebenswürdiges, versöhnliches Temperament und ein feines Gefühl für das verband, was der Kirche ohne Gefahr sich bieten liefs, dessen soziale Stellung endlich ihm gestattete, frei vom Verdachte der Häresie seine Meinung zu äufsern. Ein solcher Mann war PIERRE GASSENDI.

Er wurde in dem Flecken Chantersier bei Digne in der Provence am 22. Januar 1592 geboren und erhielt seines bald hervortretenden Talentes wegen eine gelehrte Erziehung. Bereits mit sechzehn Jahren wurde er nach Digne berufen, dort als Doktor Rhetorik zu lehren, und mit neunzehn Jahren finden wir ihn als Professor „ohne Bart" in Aix Philosophie dozieren. Die freimütige Entschiedenheit, mit welcher er sein kritisches Werk gegen die Autorität des ARISTOTELES vorbereitet, gewinnt ihm einflufsreiche Gönner, unter ihnen namentlich PEIRESCIUS, welche ihn bestimmen, die Weihen zu nehmen und in den Minoritenorden zu treten, um für seine wissenschaftliche Thätigkeit freie Zeit und eine gesicherte gesellschaftliche Stellung zu gewinnen. Ihre Fürsorge verschafft ihm ein Kanonikat, und seine Doktorwürde bewirkt seine baldige Ernennung zum Probst von Digne. So gelangt er in jungen Jahren in eine autoritative Position, welche ihm die Freiheit unabhängigen Philosophierens um so leichter gewährt, als er sich, ein treuer Sohn der Kirche, äufserlich allen hierarchischen Forderungen anzubequemen versteht.

Das erste Auftreten GASSENDIS fällt in die Zeit, in welcher die bereits stark erschütterte Herrschaft der aristotelischen Philosophie durch die Erneuerung der Korpuskulartheorie heftig bedrängt wird, einen Angriff, der sich zwar auf dem beschränkteren Gebiete der Theorie der Materie abspielt, aber gerade dadurch die Unhaltbarkeit des ganzen Systems gegenüber den Fortschritten der jungen Naturwissenschaft aufs Deutlichste an den Tag legt. Seine *Exercitationes* gegen ARISTOTELES sind schon bei Gelegenheit jener atomistischen Regung in Paris erwähnt worden.[1]

[1] Vgl. I S. 486.

Die Überzeugung, dafs die Theorie der Materie auf der Grundlage der Atomistik errichtet werden müsse, war ihm sicher damals bereits aufgegangen. Seiner Neigung für die historische Begründung entsprechend beabsichtigt er der Autorität des ARISTOTELES eine nicht minderwertige Autorität entgegenzustellen und widmet nunmehr die Hauptarbeit seines Lebens der gereinigten Wiederherstellung der Lehre EPIKURS; für unsere Zwecke kommt dieselbe insbesondere in Betracht, insoweit sie in der Physik sich auf die Atomistik DEMOKRITS stützt. Das Verbot, die Atomistik öffentlich zu lehren, hielt offenbar auch GASSENDIS schriftstellerische Thätigkeit nach dieser Seite hin zurück. Um so mehr vertiefte er sein reiches Wissen sowohl durch historische Forschungen als durch die regste Anteilnahme an der Entwickelung der Physik und durch Anstellung eigener Versuche.

Zur Erläuterung des allmählichen Fortschrittes seines Schaffens mögen einige Stellen aus seinem Briefwechsel hier angeführt werden. Während GASSENDI im Frühjahr 1621 mit der Redaktion seiner *Paradoxa* beschäftigt ist, führt er den LUKREZ unter den Schriftstellern an, deren Lektüre er gerade betreibt.[1] Im März 1629 sind seine Studien zu EPIKUR bereits so bekannt, dafs er von seinen Freunden zur Herausgabe gedrängt wird; er klagt über die häufige Unterbrechung seiner Studien durch die verschiedenartigsten Arbeiten und seinen häufigen Ortswechsel, hofft indessen auf baldige Besserung in dieser Hinsicht.[2] In demselben Jahre macht er auch eine Anwendung der Korpuskulartheorie — wie es scheint, seine erste öffentliche — zur Erklärung der am 20. März 1629 zu Rom beobachteten Nebensonnen, indem er die Erscheinung auf die Reflexion des Lichtes

---

[1] *Op.* VI p. 2 a, b. Die mit *Op.* bezeichneten Citate beziehen sich auf die Ausgabe *Opera omnia in sex tomos divisa cur.* NIC. AVERANIO. Florentiae 1727, die mit *An.* markierten auf die 3. Ed. der *Animadversiones in decimum librum Diogenis Laertii*, Lugd. 1675. — Vgl. zu GASSENDI: TENNEMANN, X S. 141 ff.; DAMIRON, *Essais. s. l'hist*; SCHALLER, I S. 113 ff.; RITTER, X S. 543 ff.; CASPARI, *Leibniz* etc. S. 47 ff.; F. A. LANGE, I S. 233 ff.; P. NATORP, *Phil. Monatsh.* 1882. XVIII S. 572 ff.

[2] *Op.* VI p. 13b. 14a. Votis et amicorum et meis satisfaciam ac praemissis, quae supersunt, Anti-Aristotelicis exercitationibus Epicureas, de quibus scripsi, continenter subiiciam.

an Korpuskeln des Dunstes von ganz bestimmter Gestalt der Oberflächen zurückzuführen sucht.[1] Im August 1631 berichtet er an NAUDAEUS über den Fortgang seiner physikalischen Studien[2] und schreibt an denselben im Anfang März 1632: „Unser EPIKUR schreitet immer in gröfster Langsamkeit, nämlich in hohen Jahren fort und hat noch nicht den Lauf der gesamten Physik durchmessen.“[3] Im Mai dieses Jahres behandelt er gerade die Frage, ob die Glieder der Tiere zum Gebrauche gemacht oder durch Zufall entstanden seien.[4] Das Vorgehen der Kurie gegen GALILEI nimmt sein höchstes Interesse in Anspruch; er kann nicht glauben, dafs jener schuldig sei.[5]

Im Jahre 1635 hatte BAPTISTE POYSSON DE LA BENERIE, Cognitor et Procurator in Angers, den Gelehrten die Frage vorgelegt: „Utrum sit aliqua demonstratio perfecte logica, perfecte mathematica, perfecte sensibilis, qua probetur dari magnitudinem latitudinis non expertem, quae aliquando et alicubi sit in puncto vere mathematico, et cujus puncti nullae sint partes, et tamen in eodem ipsa habeat partes extra partes.[6] Das Paradoxon, wie eine flächenhafte Gröfse sich auf einen mathematischen Punkt zusammenziehen und in diesem doch noch Teile aufsereinander haben könne, reizte Männer wie CAMPANELLA, MERSENNE und GASSENDI nebst vielen anderen, sich damit zu beschäftigen. In der That gehört die Frage in den

---

[1] *Op.* III p. 593. Epist. ad Renerium, Juli 1629.

[2] *Op.* VI p. 40a. Versor adhuc in Physicis, neque audeo mihi de mea sedulitate polliceri, ut annus extremus hanc partem definiat ... hunc temporis Exercitationes adversus Indiciarios texo; quoniam licet Epicurus, *ἐπισημασίας*, dictas solum noverit ... Eâ absolutâ aggrediar statim posteriorem partem de sublimibus, quae sola vulgus philosophantium appellare *μετέωρα* solet, cum magis proprie veteribus dicerentur *μετάρσια*.

[3] *Op.* VI p. 41b.

[4] *Op.* VI p. 45a.

[5] *Op.* VI p. 50b. p. 52b. Näheres über sein Verhalten zu GALILEI in d. *Biogr. univers.*

[6] Über diese Frage vgl. die Briefe GASSENDIS an MERSENNE vom Anfang November und Ende Dezember 1635 (*Op.* VI p. 70—73), von MERSENNE an GASSENDI, Ende 1635 und Anfang 1636, von POYSSON an GASSENDI v. 12. Jan. 1636 (*Op.* VI p. 396—398) und von GASSENDI an POYSSON, Ende Februar 1636, (*Op.* VI p. 73b, 74a). Ferner GASSENDI, *Vita Peirescii* p. 195 (*Op.* V p. 282b) und MORINUS, *Astronomia Gallica*, Hag. Com. 1660 p. 108.

Kreis des Kontinuitätsproblems, das Galilei von Seiten der Mechanik angegriffen hatte und dem Leibniz später im Begriff des Differenzials die mathematisch faſsbare Gestalt gab. Wie letzteres aber hier gestellt war, vermochte es seiner Unbestimmtheit wegen zu nicht mehr als einem geistreichen Spiele des Scharfsinnes zu führen. Gassendi beschränkt sich denn auch auf eine Kritik der Fragestellung und die Erwägung verschiedener Möglichkeiten, wobei er unter anderm auch an die punktuelle Existenz des Leibes Christi in der Hostie denkt, eine Lösung, die er jedoch als in das Gebiet des Glaubens gehörend in diesem Falle ausschlieſst. Mersenne gab als Lösung den Brennpunkt eines parabolischen Spiegels; denn alle Teilchen des Lichts, welche von der Fläche des Spiegels reflectiert werden und nachher vollständige Bilder geben, müssen den Brennpunkt passiert und dort also in einem Punkte und doch nebeneinander existiert haben; es wird gewissermaſsen die ganze durch die der Axe parallel einfallenden Strahlen erleuchtete Fläche durch den Brennpunkt der Parabel hindurchgetragen. Bouillau hatte eine ähnliche Lösung mit Bezug auf die Refraktion der Strahlen an einer hyperbolischen Fläche gegeben. Die Lösung durch den Brennpunkt der Parabel nahm auch Morin für sich in Anspruch (a. a. O.), aber Gassendi[1] und Mersenne[2] sprechen nur von der Lösung dieses letztern.[3] Gassendi wendete dagegen ein, daſs der Brennpunkt kein mathematischer, sondern ein physischer Punkt sei, und daſs es sich, abgesehen davon, daſs niemand einen vollkommen parabolischen Spiegel oder eine hyperbolische Linse darstellen könne, bei dem Zusammentreffen der Lichtstrahlen gar nicht um einen Punkt, sondern immer um einen sehr kleinen Raum (spatiolum) handle, der aber noch Ausdehnung besitze. Denn das Licht sei selbst etwas Körperliches und die Korpuskeln, wenn sie auch noch so klein seien, können doch niemals sich in einen mathematischen Punkt vereinen. Gassendi steht hier bereits vollständig in den klaren

[1] *Op.* VI p. 72b. — [2] *Op.* VI p. 397a „meo foco parabolico."

[3] Wie unzuverlässig Morin ist, zeigt sich auch darin, daſs er behauptete Poysson habe seine Lösung für die allein richtige anerkannt, während Mersenne an Gassendi schreibt, Poysson habe gesagt, seine (dieselbe) Lösung sei nur ein Spezialfall (propago) der wahren Lösung, welche allgemeiner sei. Was sich Poysson dabei dachte, hat kein weiteres Interesse. Vgl. die oben citierten Briefe.

Anschauungen seiner physikalischen Atomistik, und das ist der Grund, weshalb wir dieser Frage hier Erwähnung thaten.

Das Drängen der Freunde zur Herausgabe seiner epikureischen Studien wird immer lebhafter; am meisten interessiert sich MERSENNE für GASSENDIS Atomistik. Er befragt ihn über eine atomistische Erklärung der Elasticität, welche auf der Wiederherstellung der Rundung der Poren durch eindringende Atome beruhen soll, und trägt ihm seine Zweifel darüber vor.[1] Ueberhaupt gilt es für GASSENDI selbst wie in dem Kreise, dessen Mittelpunkt MERSENNES Briefwechsel bildet, als selbstverständlich, daſs er einer durchaus atomistischen Physik anhängt und dieselbe zu begründen und auszubauen bestrebt ist, zu derselben Zeit, in welcher auch DESCARTES seine Korpuskularphysik vollendet hat. Ein öffentliches Hervortreten verhindert indessen das noch immer über der Atomistik lastende Verbot. „Nichts kann ich über Atome lesen, ohne Deiner und Deiner Philosophie zu denken," so schreibt MERSENNE am 1. Januar 1636 an GASSENDI, um ihn auf zwei Briefe des AUGUSTINUS gegen die antike Atomistik aufmerksam zu machen.[2]

EPIKUR wird immer wieder vorgenommen. Im September 1639 schreibt GASSENDI an BEEKMANN: „Habebo brevi prae manibus meum Epicurum; cum placita Viri retexam, agere aggrediar tecum de aliquibus." Endlich geht er an eine zur Veröffentlichung bestimmte Bearbeitung, und zwar soll zuerst, um Stimmung für den Verleumdeten zu machen, eine Apologie EPIKURS erscheinen, dann über sein Leben und seine Sitten, zuletzt erst über seine Lehren gehandelt werden. In Briefen an den Prinzen LOUIS VON VALOIS[3] giebt GASSENDI einen Abriſs seiner Studien über EPIKUR, indem er (vom Oktober 1641 bis in den Januar 1642) das Leben und den Charakter EPIKURS schildert und ihn von den verschiedenen Lastern, die ihm vorgeworfen worden waren, zu reinigen versucht. Die Briefe über Philosophie werden sodann in allgemeinerem Sinne fortgesetzt, um zu einer Schil-

[1] *Op.* VI p. 397a (Ende 1635).

[2] *Op.* VI p. 397a, b. Es sind die früher I S. 26 Anm. 1 citierten Briefe an DIOSCORUS und NEBRIDIUS.

[3] Seine Adresse lautet nach GASSENDI *Op.* VI. p. 150b (Sept. 1643): A Monseigneur, Monseigneur le Comte D'ALAIS Gouverneur et Lieutenant general pour le Roy en Provence.

derung der Lehren EPIKURS überzuführen. Im Mai 1642 berichtet GASSENDI über die Quellen zu EPIKURS Philosophie,[1] sodann setzt er den „kanonischen" Teil, die Erkenntnistheorie der epikureischen Philosophie, auseinander und beginnt Ende September 1642 mit der Darlegung der Physik.[2] Im November 1642 ist er bei der Atomistik angelangt; hier führt er als andre Vertreter von Atomen aufser dem fabelhaften MOSCHUS an LEUKIPP, DEMOKRIT, METRODORUS, den Pythagoreer EKPHANTOS, EMPEDOKLES (wegen der *θραύσματα ἐλάχιστα*), HERAKLITOS (*ψήγματα ἐλάχιστα*), selbst PLATON, XENOKRATES, dann ASKLEPIADES, dessen *ὄγκοι* mit *moleculae* übersetzt werden, HERAKLIDES, DIODORUS, ARTEMIDORUS, MNESITHEUS.[3]

Im Oktober 1640 hatte er seine Versuche über das Fallen der Körper auf einem in Fahrt begriffenen Schiffe angestellt,[4] im folgenden Jahre seine Kritik DESCARTES' nach dem ihm vorliegenden Manuskript verfafst,[5] und das Leben des PEIRESCIUS drucken lassen. Aus denselben beiden Jahren stammen die vier Briefe *De apparente magnitudine Solis humilis et sublimis*, in deren viertem (Januar 1641) an CAPELLANUS er die Frage von der Subjectivität der Sinnesqualitäten behandelt.[6]

Erst mit dem Jahre 1647, nachdem GASSENDI (1646) als königlicher Professor der Mathematik nach Paris gekommen und einen grofsen, zum Teil glänzenden Kreis von Zuhörern um sich gesammelt hatte, beginnt die Veröffentlichung seiner Schriften über EPIKUR. Das erste seiner Werke enthält noch nichts von den Lehren desselben, sondern sollte zunächst den Mann selbst rechtfertigen und vorbereitend wirken.[7] Die vollständige und ausführliche Darlegung des epikureischen Systems erscheint erst 1649, und zwar in der Form eines Kommentars zum 10. Buche des DIOGENES LAERTIUS.[8] Er giebt in demselben den verbesserten Text nebst einer Übersetzug des betreffenden über EPIKUR handelnden Werkes des LAERTIUS und schliefst daran

[1] *Op.* VI p. 121. — [2] *Op.* VI p. 136 b. — [3] *Op.* VI p. 141.
[4] *Op.* III p. 473. — [5] *Op.* VI p. 95, 96. — [6] *Op.* III p. 429 ff.
[7] *De vita et moribus Epicuri commentarius l. VIII.* Lugduni 1647.
[8] *Animadversiones in decimum librum Diogenis Laertii, qui est de vita, moribus placitisque Epicuri.* Auf dem Titel: EPICURI Effigies Ex Cimel. Cl. Viri ERICL. PUTEANI. Lugduni, apud GUILLELMUM BARBIER, Typogr. Reg. 1649. Fol. 1768 Seiten und ausführlicher Index. Der Inhalt ist später meist wörtlich in das *Syntagma philosophicum* verarbeitet. 3. Ed. Lugd. 1675.

ausführliche *Animadversiones*, in welchen er nicht nur die antike Atomistik aufs genaueste nach allen ihm zugänglichen Quellen darstellt, sondern dieselbe auch mit Hinsicht auf die zeitgenössische Physik verteidigt, zugleich aber Epikur in den dem christlichen Dogma entgegenstehenden Lehren ausdrücklich zurückweist. Die Widmung des in drei Folio-Bänden mit fortlaufender Paginierung bestehenden Werkes an Franciscus Barancius ist bereits vom 31. August 1646 datiert. Als Anhang bringt es ein *Syntagma philosophiae Epicuri*, um das epikureische System in übersichtlicher und concinner Weise darzustellen, wobei am Schlufs der Kapitel auf diejenigen Stellen der *Animadversiones* verwiesen ist, in welchen Epikur bekämpft wird. Diese Abweichungen betreffen jedoch, von Religion und Ethik abgesehen, in der Physik grundsätzlich nur folgende Punkte: Die Schöpfung und den Untergang der Welt, resp. die Ewigkeit der Atome und der Welt, deren Ursache Gott ist, die unendliche Vielheit der Welten, die blinde Notwendigkeit (fatum et casus), den Gebrauch der Teile in den lebenden Wesen und die Materialität und atomistische Konstitution der Seele. Im ganzen schliefst sich Gassendi so eng an die antike Atomistik an, dafs die *Animadversiones* als die vollständige Erneuerung derselben anzusehen sind. Das *Syntagma* erschien später auch separat.[1] Das eigentliche, selbständige System Gassendis, dessen fortgesetzter Durcharbeitung er die übrige Zeit seines Lebens widmete, kam erst nach seinem am 24. Oktober 1655 erfolgten Tode im Jahre 1658 heraus;[2] seine Lehre aber war schon lange vorher bekannt und gleichzeitig neben der cartesischen wirksam.

2. Der leere Raum.

Es war ein wesentliches Unterscheidungszeichen der Atomistik Gassendis von allen bisherigen Erneuerungen von Korpuskulartheorien, dafs er die Existenz eines leeren Raumes voraussetzte. Daher ist es ein interessantes Zusammentreffen, dafs gleichzeitig mit dem Eindringen des gassendischen Systems

---

[1] Lyon 1658. Hagae com. 1659 u. a. — *Opera* Tom. III.

[2] *Syntagma philosophicum*, enthalten in *Opera omnia* in VI Tomos divisa cur. Sorbierio. Lugd. 1658.

in weitere Kreise auch die Versuche bekannt wurden, durch welche die experimentelle Herstellung eines Vacuums gelang.

Wir haben bereits früher gesehen, daſs die Beweise des Aristoteles gegen die Möglichkeit eines leeren Raumes von einzelnen selbständigen Denkern angezweifelt wurden. Dennoch wohnte ihnen so viel innere Kraft neben der äuſseren Autorität bei, daſs selbst ein Galilei sich nicht entschlieſsen konnte, seine Theorie der Materie auf den leeren Raum zu gründen, sondern seine Zuflucht lieber zur Annahme aktuell unendlich kleiner intensiver Punkte nahm. Dagegen geht die experimentelle Darstellung des Vacuums unmittelbar auf Galilei zurück, obwohl sie ihm selbst nicht gelang. Die Beobachtung, daſs Wasser durch Saugpumpen nur bis zu einer bestimmten Höhe gehoben werden könne, hatte Galilei stutzig darüber gemacht, daſs der *horror vacui* bestimmte Grenzen haben solle, und er versuchte daher, die Gröſse dieses *horror* experimentell zu bestimmen. Eine solche Bestimmung muſste für ihn um so gröſsere Bedeutung haben, als er die Kohäsion auf die Resistenz des Vacuums zurückführte.

Daſs die Luft Gewicht besaſs, stand bereits fest und Galilei bestätigte dies selbst durch Versuche; um nun den Widerstand gegen das Vacuum zu messen, versuchte er einen Kolben aus einem Hohlcylinder, in welchen er genau paſste, durch Anhängen von Gewichten herauszuziehen. Der Versuch leistet zwar nicht, was er soll, führte jedoch seinen Schüler Torricelli auf den Gedanken, den Kolben durch einen sicher luftdicht anschlieſsenden Cylinder von Quecksilber zu ersetzen, indem er hierbei schon vermutete, daſs nicht ein *horror vacui*, sondern der Druck der Luft das Quecksilber in der Röhre hielte. Daſs nämlich Flüssigkeiten in oben geschlossenen Gefäſsen ohne auszuflieſsen beharren können, war ja längst bekannt; nur ob dies bei beliebig langen Röhren der Fall sein würde, war die Frage, welche erst durch besonders zu konstruierende Apparate zu entscheiden war. Daſs Quecksilber in einer oben geschlossenen Röhre durch den Luftdruck festgehalten wird, und daſs dieser eine bestimmte Grenze haben müsse, hatte bereits Descartes am 2. Juni 1631 an Réneri geschrieben. (S. II S. 92 f.)

Torricelli gab die nähere Einrichtung des anzustellenden Versuches an, und Viviani führte denselben zuerst aus. Dies

geschah 1643 zu Florenz. Torricelli hatte dabei zunächst nur im Auge, den Luftdruck zu messen. Der Versuch selbst wurde allseitig mit großem Interesse aufgenommen, wiederholt, variiert und sehr verschieden beurteilt. Mersenne, welcher den wissenschaftlichen Verkehr in Frankreich vermittelte, hatte den Versuch durch Ricci erfahren[1] und aus Rom, wo er 1645 war, ein geschriebenes Mémoire mitgebracht, das er, nach Paris zurückgekehrt, Chanut mitteilte. Sie brachten die Versuche nicht zustande und wandten sich daher an Petit, welcher über die in Rouen angestellten Experimente an Mersenne berichtete (Nov. 1646).

Im allgemeinen war man der Ansicht, daß die Existenz eines absoluten Vacuums mit dem Torricellischen Versuche keineswegs erwiesen sei. Mersenne stellte verschiedene Experimente an und schlug noch mehr vor, um zu konstatieren, ob der Raum über dem Quecksilber wirklich leer sei; er möchte kleine Thiere darin einschließen und Fallversuche ausführen;[2] auch meinte er, die Röhre würde vielleicht nicht durchsichtig sein, wenn sie ganz leer wäre, so daß vermutlich einige feine und unteilbare Partikeln der Luft oder der aus dem Quecksilber aufsteigenden *spiritus* jenen Raum erfüllen und den Zutritt des Lichtes gestatten.[3]

Petit und Pascal erweiterten die Versuche und dehnten sie auf Wasser und Rotwein aus, worüber Adrien Anzout an Gassendi schrieb. Am entscheidendsten für die Erklärung des Aufsteigens als eine Folge des Luftdrucks war jedoch der auf Anraten Descartes' und im Auftrage Pascals von dessen Schwager Périer am 19. September 1648 auf dem Puy de

---

[1] *Reflexiones physico-mathematicae* p. 216 in (*Novarum Observationum physicomath.* T. III. Paris 1647): Certum est primo, vacuum ope tubi vitrei prius in Italia, quam in Gallia observatum; idque puto, ab illustri Geometra Evangelista Torricellio, qui tubum observatorium mihi anno 1644 ostendit, in magni ducis Etruriae pergulis admirandis. De cujus observatione nos etiam prius monuerat illius singularis amicus Michael Angelus Riccius, Romae, et totius Academiae Geometriae decus eximium; cujus epistola docebat . . . etc. Zur Geschichte der Versuche über das Vacuum vgl. insbesondere den Brief von Pascal an de Ribeyre v. 12. Juli 1651 (Pascal, *Oeuvres*, à la Haye 1779, IV p. 198 ff.) und die II S. 94. Anm. 3 citierte Abhandlung von Adam.

[2] *Nov. Observ. phys.-math.* T. III. p. 90, 197.

[3] A. a. O. p. 217.

Dôme angestellte Versuch, welcher den niedrigeren Stand des Barometers in den höheren Luftschichten nachwies.[1]

Im Jahre 1647 demonstrierte der Kapuziner Valérien Magni (Valerianus Magnus) öffentlich vor dem König und der Königin von Polen das Vacuum und gab, wenn auch ohne Erfolg, den Versuch als seine eigene Erfindung aus, weshalb Pascal im Oktober 1647 zu seiner ersten Veröffentlichung schritt. Morin erklärte den Raum für nicht leer, weil das Quecksilber falle, wenn man den oberen Teil erwärme, was P. Valérien ganz richtig daraus erklärte, dafs vermutlich bei unvorsichtigem Experimentieren etwas Luft zurückbleibe.[2] Morin sowohl wie namentlich Caspar Schott[3] und andre Aristoteliker waren sehr ergrimmt gegen die Folgerungen, welche einige „*Neoterici philosophastri*“ aus dem Torricellischen Vacuum ziehen wollten, da dieselben nicht nur auf Absurditäten in der Philosophie, sondern auch auf Gefahren für den Glauben führten, als da sind: locus sine locato, accidentia sine subjecto, corpus successive motum in vacuo etc.

Gassendi widmete dem neuen Experimente einen besonderen Essay. In seinem Hauptwerke sagt er, seine Bemerkungen über das Vacuum, insbesondere das untermischte oder zerstreute, seien bereits abgefafst und zum Teil dem Druck übergeben gewesen, als er gebeten worden sei, seine Meinung über das neue Experiment, mit Hilfe des Quecksilbers ein *vacuum coacervatum* herzustellen, abzugeben, Er habe deshalb eine besondere kleine Abhandlung darüber seinen *Animadversiones in X. librum Diog. Laertii* eingefügt.[4] Nach einem Überblick über die Geschichte des Versuchs bespricht Gassendi folgende Fragen:

1. Ist der Raum oberhalb des Quecksilbers für vollständig leer zu erachten? 2. Wie ist es möglich, dafs die Natur, welche sonst vor dem Leeren einen Abscheu zu haben scheint, hier

---

[1] *Récit de la grande expérience de l'équilibre des liqueurs.* Pascal, *Oeuvres,* IV p. 345 ff.

[2] *Astron. Gall.* p. 120.

[3] *Mechanica hydraulico-pneumatica* 1658. p. 307. Kästner IV S. 44.

[4] *Op.* I. p. 180. Daselbst ist auch der Passus aus den *Animadversiones* wieder abgedruckt. In der Ausgabe der letzteren von 1649 befindet er sich T. I p. 424—444.

ein Vacuum, wie auch immer es beschaffen sei, zulasse? 3. Durch welche Kraft wird das Quecksilber zusammengehalten und am gänzlichen Ausfluſs verhindert, und zwar so, daſs es immer eine bestimmte Höhe beibehält? 4. Woher stammt der Antrieb, mit welchem das Quecksilber nach Öffnung der Röhre in das Gefäſs hineinstürzt?

In Bezug auf die erste Frage will GASSENDI nicht behaupten, daſs der Raum über dem Quecksilber gänzlich leer sei. Denn es gehe nicht nur das Licht, welches sicher etwas Körperliches sei, hindurch, sondern auch die Korpuskeln der Wärme und der Kälte, sowie diejenigen, welche die magnetische Wirkung vermitteln; aber alle diese Körperchen sind so klein, daſs sie, wenn man sie sich vereint und aneinandergelegt vorstellt, doch nur einen unmerklich kleinen Raum einnehmen, weshalb jener Raum für leer zu halten sein dürfte. Wenn nun hier ein leerer Raum vorhanden ist, so hat man sich betreffs der zweiten Frage die Sache so vorzustellen, daſs die Redensart vom *horror vacui* nur bildlich zu nehmen ist. Die Natur verabscheut das Leere nicht an sich, sondern nur infolge der Umstände, insofern im allgemeinen die leichte Verschiebbarkeit der Teile der Luft das Auftreten eines Vacuums verhindert. Es ist aber nicht ausgeschlossen, daſs nicht oberhalb der Atmosphäre, in wenigen Meilen Höhe bis zu den Sternen ein Raum existiert, der bis auf die hindurchgehenden Lichtstrahlen leer zu nennen ist.

Die Kraft, durch welche das Quecksilber in der Röhre gehalten wird, hat ihre Ursache in dem Widerstande der Luft, welche nicht an sich leicht ist, sondern, wie fest steht, Schwere besitzt, beruhe nun dieselbe auf einer inneren Kraft ihrer Teilchen, oder, wie wahrscheinlicher ist, auf der Anziehung der Erde, infolge deren die Teilchen aneinander und nach unten gedrückt werden. Dieser Druck auf das zurückgebliebene Quecksilber ist es, welcher das Quecksilber in der Röhre am Ausflusse verhindert. Daſs aber die Höhe der Säule immer 2 Fuſs und 3½ Zoll betrage, kann seinen Grund eben nur in der Beschaffenheit der widerstehenden Luft haben, deren Korpuskeln und leeren Zwischenräume in einem solchen Verhältnisse verteilt sind, daſs sie nur bis zu dieser bestimmten Grenze Widerstand leisten können, einem stärkeren Druck aber nach-

geben müssen. Dafs nicht in der Natur des Quecksilbers, sondern in dem Luftwiderstande die Ursache der konstanten Höhe liege, folge auch daraus, dafs die Steighöhen des Wassers und des Quecksilbers sich genau umgekehrt wie ihre spezifischen Gewichte verhalten, woraus sich ergibt, dafs nur ein ganz bestimmtes Gewicht, gleichgiltig welchen Stoffes, von der Luft getragen werden könne. Die vierte Frage erledigt sich von selbst aus der Herstellung des Gleichgewichtes nach Aufhebung des einseitigen Luftwiderstandes.

Während MERSENNE zuerst geneigt war, den Versuch aus der Anziehung der Teilchen des Quecksilbers, die jedoch nur ein begrenztes Gewicht zu tragen vermöge, zu erklären,[1] und auch PASCAL anfänglich noch dem *horror vacui* anhing, sehen wir GASSENDI in Übereinstimmung mit DESCARTES und TORRICELLI die wahre Ursache im Verhalten der Luft auffinden. Jedoch war DESCARTES' vor Kenntnis des TORRICELLIschen Versuchs abgegebene Erklärung eine tiefer blickende, indem er sofort das Gewicht der Luftsäule bis an die Grenzen der Atmosphäre als Ursache des Druckes nannte, während GASSENDI an einen aus der atomistischen Konstitution der Luft sich ergebenden Widerstand denkt, also mehr in der Elasticität als im Druck der Luft die Ursache der konstanten Quecksilberhöhe sucht. Erst seitdem die Versuche über die Abhängigkeit des Barometerstandes von der Meereshöhe vorlagen, modifizierte GASSENDI seine Erklärung mit Rücksicht auf das Gewicht der Luft. Er nimmt auch jetzt noch an, dafs das Quecksilber deshalb nicht ausfliefse, weil es die Luftkorpuskeln nicht weiter in die leeren Zwischenräume der Luft hineintreiben, also die Luft nicht weiter komprimieren könne, aber er macht nunmehr die Zusammendrückbarkeit der Luft abhängig von der Höhe der über ihr lastenden Luftsäule. Er stellt sich vor, dafs infolge des von oben nach unten drückenden Gewichts der Luftteilchen auch die Poren der Luft immer enger werden, wie das ja auch der atomistischen Erklärung der Dichtigkeit entspricht, und dafs daher, um die Luftteilchen zurückzudrängen und selbst zum Ausflufs zu gelangen, für das Quecksilber eine um so höhere Säule nötig sei, je gröfser das Gewicht der Luft ist.

[1] *Reflex. phys.-math.* p. 89.

Also auch hier wirkt das Gewicht der Luft erst in zweiter Linie, indem es die Dichtigkeit der Luft vergröſsert, und erst diese verhindert ihrem Grade nach den Ausfluſs des Quecksilbers.[1] Gassendis Erklärung ist somit nicht rein hydrostatisch, sondern beruht auf der gröſseren oder geringeren Zusammendrückbarkeit der Luft; sie ist korpuskular.

Von so auſserordentlicher Wichtigkeit die Entdeckung des Luftdrucks durch das Barometer für die Physik ist, so würde man doch irren, wenn man der Herstellung des Vacuums durch Torricelli eine durchschlagende Bedeutung für die Entwickelung der Atomistik, insofern sie leere Räume voraussetzt, beilegen wollte. Es zeigte sich, daſs man durchaus nicht gezwungen ist, im Torricellischen Raum ein absolutes Vacuum anzuerkennen, und auch nach der Erfindung der Luftpumpe durch Guericke trat ein solcher Erfolg nicht ein. Die Wirkungen, welche in den evacuierten Räumen vor sich gingen, wiesen darauf hin, daſs hier noch irgend welche Substanzen vorhanden seien, und im Übrigen stand jedem frei, sich eine beliebig feine Materie in denselben zu denken. Allerdings wurde die Herstellung eines Vacuums als ein handgreiflicher Beweis gegen Aristoteles ausgespielt. Es konnten aber doch jene Versuche für die Gassendisten, welche ein Vacuum annahmen, nur zu einer mehr oberflächlichen und populären Exemplifizierung als zu einem maſsgebenden Beweise dienen. Dagegen waren sie dadurch theoretisch von Wichtigkeit, daſs sie die Herstellung von Verdünnungen in höchstem Maſse aufzeigten; denn je gröſser die Unterschiede in den Dichtigkeiten der Körper erfahrungsmäſsig wurden, um so schwieriger war es, dieselben ohne Zuhilfenahme von leeren Zwischenräumen zu erklären.[2]

Die Annahme leerer Poren aber war, wie auch Gassendis Äuſserungen[3] zeigen, unabhängig von dem Torricellischen Versuche aus der antiken Physik überkommen, und zwar war es nicht Demokrit oder Epikur, sondern der Mechaniker Heron von Alexandrien (S. I S. 214 f.), welcher die Vermittlerrolle spielte. Dieser hatte die Existenz eines *vacuum coacervatum*, eines Leeren von gröſserer Ausdehnung, als gegen die Natur erklärt, dagegen das *vacuum intermistum*, die zerstreuten Poren

[1] *Op.* I p. 187, 188. — [2] Vgl. II S. 191. — [3] *Op.* I p. 180.

angenommen. Gerade dies war es, was die Korpuskulartheorie brauchte und was auch einigermafsen mit ARISTOTELES zu vermitteln war, da sich bei der Trennung der Körper momentan entstehende, wenn auch sogleich sich wieder füllende leere Zwischenräume für die Vorstellung nicht gut vermeiden liefsen. Daher sehen wir den Anschlufs an HERON mehrfach auftreten, namentlich bei FRANCIS BACON, ebenso bei GASSENDI und bei MERSENNE. Letzterer wagt zwar selbst keine Entscheidung über die ihn lebhaft beschäftigende Frage der Verdichtung und Verdünnung zu geben, aber er zieht doch die *vacuola* HERONS in Betracht. Denn dafs es die Natur der Gröfse oder der Körper sei, unter gröfserer oder kleinerer Ausdehnung zu stehen, erklärt er für keine genügende Angabe, da wir eben die Art und Weise suchen, wie ein so grofses Naturwunder möglich sei. Die Poren HERONS würden ihm zur Erklärung geeignet erscheinen, wenn nicht bei starken Verdünnungen gar zu grofse leere Räume angenommen werden müfsten.[1] Auch bliebe immer noch die Elasticität zu erklären, ob nun durch Annahme einer feineren Materie als die Luft, ob durch innere Bewegung der Teilchen. MERSENNE läfst lieber die Sache auf sich beruhen: „Viderint, qui sibi satisfacere volunt!“[2]

Sehen wir nun, wie GASSENDI die Theorie der Materie auf Grund des leeren Raumes und der Atome aufbaut.

3. Gassendis Atomistik.

„Gut denken ist nichts andres, als die Dinge wahr und richtig (legitime) oder wie sie in sich sind, so im Geiste (animo) gegenwärtig zu haben und zu wiederholen (revolvere).“[3] Die erste Bedingung des richtigen Denkens sind klare und deutliche Vorstellungen (imagines, ideae), als Bilder der Dinge, die diesen konform sind. Jede Vorstellung aber, die im Denken (mente) enthalten ist, leitet ihren Ursprung von den Sinnen her; sie geht entweder selbst durch die Sinne in das Denken über, oder sie wird aus solchen, die durch die Sinne übergegangen sind, gebildet, weshalb wir auch Vorstellungen von

[1] MERSENNE, *Hydraulica*, 1644. p. 148. — [2] A. a. O. p. 149.
[3] *Op.* I p. 29a.

nicht existierenden Dingen haben können.[1] Die durch die Sinne erhaltenen Vorstellungen sind singuläre; der Verstand aber ist es, der aus den ähnlichen Einzelvorstellungen eine allgemeine macht, und diese Verallgemeinerung immer weiter fortsetzt.[2] Die Einzelvorstellung ist um so vollkommener, je mehr Teile des Dinges sie repräsentiert, die allgemeine, je vollständiger und reiner sie das den einzelnen Gemeinsame enthält.[3] Das Zeichen der Wahrheit eines Urteils ist die Übereinstimmung mit dem Seienden.[4] Von den allgemeinen Grundsätzen, welche sich ergeben, mögen hier nur folgende hervorgehoben werden: Keine Zahl ist so groſs, daſs nicht noch eine gröſsere angegeben werden könnte. Weder Natur noch Kunst können etwas aus nichts machen. Gott und die Natur wirken nichts vergeblich. Ein vergebliches Wirken tritt ein, wenn etwas durch gröſseren Aufwand geschieht, was mit geringerem ebenso leicht geschehen konnte.

GASSENDI geht demnach von einem dogmatischen Sensualismus aus. Es existiert ein Sein der Dinge für sich, das wir durch die Sinne in übereinstimmender Weise aufzunehmen und durch das Denken zu wiederholen vermögen. Daher ist ausgedehnte Erfahrung eine Vorbedingung der Erkenntnis.

Die Welt ist ein geordnetes Ganzes, dessen erste Ursache Gott ist. Gott ist zugleich die einzige unkörperliche Ursache der Welt, und insofern er sie als allgegenwärtig leitet und regiert, könnte man ihn auch die Weltseele nennen. In einem andren Sinne aber darf man von einer Weltseele als einem die Welt belebenden, geistigen Prinzipe (auſser Gott) nicht sprechen. Will man noch eine besondere Weltseele annehmen, so muſs dieselbe jedenfalls eine körperliche Substanz sein. In dieser Hinsicht steht nichts der Behauptung entgegen, daſs es in der Welt eine gewisse Lebenswärme gibt, die gleichsam für ihre in allen ihren Teilen verbreitete Seele gehalten werden könnte; jedenfalls aber kann sie nicht unkörperlich sein, da es nur körperliche Wirkungen gibt.[5]

Raum und Zeit werden gewöhnlich für Accidentien der

---

[1] A. a. O. p. 82b. — [2] A. a. O. p. 83. — [3] A. a. O. p. 85.
[4] A. a. O. p. 90.
[5] *Op.* I p. 293a. Vgl. die Litteratur zu GASSENDI, II S. 128 Anm. 1.

Substanz gehalten. Das bestreitet GASSENDI. Raum und Zeit sind nicht Accidentien, weder einer körperlichen noch einer unkörperlichen Substanz, aber sie sind auch nicht Substanzen, sondern weder das eine noch das andre; sie sind neben Substanz und Accidens als besondere Arten des Seins aufzufassen. Sie würden auch existieren, wenn keine Körper existierten. Die Zeit und der nach drei Dimensionen ausgedehnte Raum sind also reale Wesen; der Raum hat nur die Eigenschaft, andres, nämlich die Körper, durch sich hindurchzulassen oder aufzunehmen; insofern ist er Quantität und Ausdehnung; aber seine Dimensionen sind unkörperlich, und insofern ist er Intervall oder unkörperliche Quantität.[1]

Es gibt einen leeren Raum, und zwar zunächst einen leeren Raum aufserhalb der Welt, das sogenannte *Vacuum separatum*. Dieser Raum ist ein einziger und unendlicher, in welchen Gott die Welt geschaffen hat, und welcher auch bestehen bleiben würde, wenn Gott die Welt vernichten wollte. Aus dieser Existenz des Raumes für sich ohne Körper folgt schon, dafs es einen leeren Raum gibt; es folgt dies aber auch daraus, dafs ohne die Unendlichkeit des leeren Raumes die Allmacht Gottes in der Vergröfserung der Welt beschränkt wäre. Dieser Raum selbst ist unbeweglich und in ihm findet die Bewegung der Körper statt.

Es tritt nämlich das Leere auch innerhalb der Welt auf, und zwar sowohl als *Vacuum disseminatum* wie als *Vacuum coacervatum*.

Das *Vacuum disseminatum* oder der untermischte leere Raum besteht in zahllosen, unterhalb der sinnlichen Wahrnehmung liegenden, aufserordentlich kleinen Zwischenräumen, Gängen oder Poren in den Körpern.[2] HERON hat denselben durch das Beispiel des Sandes angezeigt, aber er kann noch sinnfälliger mit den Hohlräumen zwischen den Körnern eines Weizenhaufens verglichen werden. Ähnlich mufs man sich die flüssigen Körper konstituiert denken, indem ihre Teilchen sich nicht der ganzen Oberfläche nach berühren dürften. Der zwingendste Beweis für die leeren Zwischenräume liegt in der Bewegung, die ohne dieselben nicht möglich wäre. Denn wenn

---

[1] *Op.* I p. 162. — [2] Das Folgende *Op.* I p. 171—174.

man selbst annehmen wollte, daſs jeder Körper einen andren aus seinem Raume erst verdränge, so wäre doch immer nicht zu begreifen, wie die Bewegung überhaupt anfangen solle. Der Einwand, daſs die flüssigen Körper sich in Wirbelart bewegen könnten, ist nicht stichhaltig. Wenn man sagt, um einen Körper, der z. B. durch die Luft sich bewegt, flieſse die Luft herum, so daſs die vorn verdrängte Luft hinter dem Körper abflösse, so vergiſst man, daſs der Körper sich nicht bewegen kann, ehe die Luft vorn verdrängt ist, daſs aber, ehe die Bewegung anfängt, auch noch kein Raum hinter dem Körper für den Abfluſs frei ist.

Aber auch eine groſse Reihe einzelner physikalischer Thatsachen machen die Annahme leerer Räume in noch eindringlicherer Weise notwendig, vor allem die Verdichtung und Verdünnung der Körper. Die bekannten Erscheinungen der Zusammendrückung und Ausdehnung der Luft wären ohne Poren, welche ein Zusammenrücken und Auseinandertreten der Teilchen gestatten, nicht möglich, da man sonst bei der Verdichtung eine Durchdringung der Teile annehmen, also den Satz aufgeben müſste, daſs jeder Körper jeden andren von dem Raume ausschlieſst, den er erfüllt.

Noch ein andrer Versuch, den er angestellt habe, beweise nicht nur die leeren Intervalle, sondern auch die eigenartige und verschiedene Gestalt derselben. Er habe bereits gewuſst, daſs Wasser Steinsalz nur in begrenzter Menge bis zur Sättigung aufnehme, und die Sache dadurch erklärt, daſs durch das Salz die Poren zwischen den Wasserteilchen ausgefüllt würden; bei weiterer Erwägung habe er sich gefragt, ob nicht auſser den kubischen Hohlräumen, welche den Partikeln des Salzes entsprechen, das Wasser auch noch anders gestaltete Poren habe, so daſs mit Steinsalz gesättigtes Wasser doch noch Teilchen andrer Körper aufzunehmen imstande sei. Zu seiner Überraschung habe der Versuch dies bestätigt; Wasser, das mehrere Tage mit Steinsalz imprägniert war, habe dann noch Alaun ebenso aufgelöst, als enthielte es kein Salz.

Weitere Beweise liegen in dem Durchgange des Lichtes durch die Körper, in dem verschiedenen spezifischen Gewicht der Stoffe und in der Einwirkung von Wärme und Kälte.

Ein *Inane grandiusculum seu coacervatum* gibt es zwar nicht

von Natur, aber es kann künstlich erzeugt werden. Über diese Art der Anhäufung eines gröſseren leeren Raumes ist bereits besonders gehandelt worden. (Vgl. II S. 137 ff.)

Als materielles Prinzip oder als erste Materie ist dasjenige zu betrachten, was sich nicht weiter in andres auflösen läſst. Wenn man z. B. vom Menschen ausgeht, so kommt man durch Zerlegung zu seinen Gliedern, ferner zu Teilen derselben wie Fleisch, Knochen u. s. w., endlich zu den Säften, aus denen diese bestehen; aber auch diese sind nichts Einfaches, sondern führen auf die Nahrung, durch die sie gebildet werden, und dadurch zu den Elementen Erde, Wasser etc., man kann indessen auch diese, wie die Chemiker wollen, in die Grundbestandteile *sal, mercurius, sulphur* auflösen; endlich aber kann angenommen werden, daſs diese Prinzipien ihrerseits noch in Atome auflösbar sind, und erst bei den Atomen ist man bei dem letzten Ergebnis der Zerlegung, demnach bei der *prima materia* angelangt.[1]

Die erste Materie ist körperlich und existiert in einer bestimmten Form, wodurch sie natürlicher Körper ist. Wenn man sagt, die Materie sei der unbestimmte, noch formlose Körper, so ist dies nur so zu verstehen, daſs sie wohl diese oder jene Form haben kann, immer hat sie aber doch irgend eine Form. Diese Form ist es, welche sie zum natürlichen, physischen Körper macht, indem sie das Prinzip und der Grund ist, den Körper, dem sie zukommt, zu unterscheiden von allen andern Körpern und zum bestimmten Einzelkörper zu machen.[2] Insofern aber jedem Körper Gröſse und Ausdehnung zukommt, kann der Mathematiker nur auf diese Eigenschaften reflektieren und daher in der Abstraktion den geometrischen vom physischen Körper unterscheiden. Daher existiert auch Punkt, Linie u. s. w. nur in der Abstraktion, während der materielle Körper niemals anders als in endlicher Ausdehnung nach drei Dimensionen (partes extra partes) existiert. Da nun die Formen das Unterscheidende an den natürlichen Dingen sind und nur an der Materie existieren können, so ergibt sich notwendig, daſs es nur die Materie oder der

[1] *Op.* I p. 203a.
[2] A. a. O. p. 204b. „. . . tribuendique ipsi ut tale sit . . .“

allgemeine Körper sein kann, welcher das allen Formen der Welt gemeinsame Substrat bildet. Materie ist aber auch darum notwendig, weil es ohne dieselbe nichts gäbe, das berühren und berührt werden, Wirkung üben oder erleiden könnte; denn damit dies möglich sei, mufs jedes natürliche Ding eine gewisse Masse (Moles, Magnitudo quantitasve) besitzen. Diese Masse eben, welche Berührung und Wirkung ermöglicht, ist die Materie; im Werden und Vergehen wechseln die Formen, die Materie aber bleibt das Unerzeugbare und Unzerstörbare, das Unveränderliche von Anfang an. Dabei ist die Gröfse mit der Materie so von gleicher Dauer, dafs sie ebenfalls unveränderlich ist; bei allen Veränderungen bleibt sie mit der Materie zugleich immer irgendwo erhalten, vor, mit und nach allen Formen, so dafs der Grundsatz gilt: Aus nichts kann nichts geschaffen werden und nichts kann in nichts verwandelt werden.[1] Nur ist es unstatthaft, den Satz dahin auszudehnen, dafs auch von Gott nichts aus dem nichts erschaffen werden könne.[2]

Es ist nun die Frage, in welcher Weise man dieses unveränderliche, materielle Prinzip näher zu bestimmen habe, um die Mannigfaltigkeit der Körperwelt daraus ableiten zu können. Nach einer umfangreichen Durchmusterung der verschiedenen Theorien der Materie vom Altertum bis DESCARTES und DIGBY entscheidet sich GASSENDI für die Atome.

Die Materie mufs ohne Qualitäten, unveränderlich und einfach, d. h. nicht weiter zerlegbar sein. Nun zeigt aber die Natur thatsächlich eine Zerlegbarkeit in sehr kleine Teile. Die unveränderliche Materie mufs also selbst aus noch kleineren Teilen bestehen, als die Sinne wahrnehmen können, und diese kleinsten Teile müssen unzerlegbar sein, Atome. Denn wären sie selbst wieder zerlegbar, so würde man niemals an ein Ende der Auflösung gelangen. Da nun aber die Natur das Etwas nicht in nichts aufzulösen vermag, so mufs es notwendig etwas nicht weiter Aufzulösendes geben, das dennoch Materie und von bestimmter Gröfse ist, und das sind die Atome.[3]

---

[1] A. a. O. p. 204 b, 205 a. — [2] A. a. O. p. 206 a.

[3] A. a. O. p. 228. Die verschiedenen Namen für die Atome s. p. 225 b. — *Animadv.* (1649) I p. 100.

Die Einwendungen gegen die Möglichkeit von Atomen werden widerlegt. Wenn man meint, die Materie sei ins Unendliche teilbar, so ist dies allerdings im mathematischen Sinne richtig; man kann die Teilung ins Unendliche fortgesetzt denken. Aber mathematische Teilung und physische Trennung ist etwas ganz Verschiedenes. Die physische Trennung kann zwar bis unter die Grenzen des sinnlich Wahrnehmbaren reichen, aber sie muſs notwendig ein Ende besitzen, und zwar müssen die letzten Teile noch ebensogut Gröſse, d. h. Ausdehnung nach allen drei Dimensionen besitzen, wie die sichtbaren Körper. Eine wirkliche Auflösung bis ins Unendliche würde eine unendliche Zeit erfordern und auſserdem die Einwände ZENOS unwiderleglich machen.

Die sogenannten mathematischen Beweise gegen die Atomistik bei SEXTUS EMPIRICUS und den Neueren, wonach konzentrische Kreise gleich groſs sein müssten u. s. w.,[1] sind leicht zu widerlegen, da sie sich nur auf die mathematische Teilung beziehen, mit der physischen aber gar nichts zu thun haben. In der Geometrie kann man immer beliebig viele Teile und Punkte annehmen. So hütete sich auch CAVALIERI wohl davor, in seiner *Geometria indivisibilium* eine begrenzte Anzahl unteilbarer Punkte anzunehmen, sondern er forderte nur, daſs es im Kontinuum keinen Punkt gebe, der nicht zu einer Linie verlängert, keine Linie, die nicht zu einer Fläche erweitert werden könne. Die Atome des Physikers aber sind keine mathematischen Punkte, sie enthalten vielmehr als äuſserst kleine Körper im mathematischen Sinne noch beliebig viele Punkte. Die physikalische Teilung findet immer zwischen den Atomen statt. Wenn es sich dabei darum handle, einen Körper in zwei genau gleiche Hälften zu zerlegen, so sei dies nicht eine abstrakte Teilung wie in der Mathematik, sondern die beiden Hälften werden immer noch, so sorgfältig auch die Halbierung ausgeführt werden mag, und obwohl sie für die Sinne eine vollkommene ist, von den wahren mathematischen Hälften um Myriaden von Atomen sich unterscheiden. Auch das feinste Messer wird niemals ein einzelnes Atom, sondern stets einen groſsen Haufen derselben treffen, den es ohne Zerschneidung eines Atoms zertrennen kann.[2]

[1] Vgl. I S. 148, 195 f., 409. — [2] *Op.* p. 233.

Die Atome sind das absolut Volle, der Urstoff, und alle Teilung und Trennung ist nur durch den leeren Raum möglich. Was an den Körpern getrennt werden soll, das mufs schon ursprünglich die getrennten Teile enthalten. Die untrennbaren Teile heifsen Atome, nicht weil sie Minima sind, sondern sie können deshalb nicht geteilt werden, weil sie als ursprüngliche Materie dem Eindringen unzugänglich sind und keinen leeren Raum mehr enthalten, indem sie eben ihrem Begriffe nach absolute Solidität besitzen.[1] Daher sind sie die ersten, ursprünglichen, einfachen und unzusammengesetzten Körper, unveränderlich und unzerstörbar. Man kann sie auch (nach CICERO) *corpuscula* nennen; denn der Ausdehnung und Gröfse nach sind sie Körper, wenngleich die kleinsten, die es gibt.

Die Atome und der leere Raum sind die einzigen Prinzipien der Natur, und neben den ersteren, als dem absolut Vollen und dem absolut Leeren, ist überhaupt nichts Drittes denkbar.[2]

In Bezug auf die Solidität sind alle Atome gleich, indem sie alle ein und dieselbe Substanz besitzen; sie unterscheiden sich dagegen voneinander durch ihre Gröfse (magnitudo), ihre Gestalt (figura) und ihre Schwere (pondus). Dies sind aber zugleich die einzigen Eigenschaften, die ihnen zukommen; man kann sie vielleicht im Zusammenhang mit ihrer Gestalt rauh oder glatt nennen, aber nicht etwa warm oder kalt, farbig oder dergleichen; derartige Qualitäten besitzen sie nicht.

Der Gröfse nach sind sie sehr klein, selbst das gröfste Atom ist noch unsichtbar, aber sie sind, wie schon gesagt, keineswegs punktuell. Auch darf man sie nicht etwa mit den Sonnenstäubchen verwechseln. Letztere haben die Schriftsteller nur als rohen Vergleich benutzt, während ein Sonnenstäubchen noch unzählige Myriaden von Atomen enthalten mag. Diese Subtilität der Natur mufste in früheren Zeiten ganz unbegreiflich erscheinen; seit der Erfindung des Engyskops, welches uns ganz neue unsichtbare Welten erschlossen hat, können wir eher versuchen, uns eine Vorstellung davon zu machen. Dies erläutert GASSENDI an einer Reihe von Beispielen, auch an dem

---

[1] *An.* I p. 378. — [2] *An.* III p. 374.

viel erwähnten *Acarus*, aber jetzt mit Bezug auf mikroskopische Entdeckungen, ferner an der feinen Zerteilung von Farbstoffen, verbrennenden Körpern u. a. m.[1] Dafs die Atome verschiedene Gröfse besitzen, ist nicht nur wahrscheinlich, sondern mufs angenommen werden, um die Erscheinungen der Körperwelt zu erklären.

Da die Atome Ausdehnung besitzen, müssen sie auch Figur, d. h. eine bestimmte Oberflächengrenze und -gestalt haben, und es ist anzunehmen, dafs dieselbe eine unübersehbar mannigfaltige ist. Schon das Mikroskop zeigt uns Unterschiede in der Gestalt der Körper, welche das blofse Auge nicht zu erkennen vermag. In den Atomen mufs die Zahl der verschiedenen Arten von Gestalten als unermefslich angesehen werden, um die unermefsliche Mannigfaltigkeit der Körper zu erklären, und von jeder Art wird es wieder unermefslich viele Individuen geben. Hier weicht Gassendi ausdrücklich von den Alten ab. Mit Epikur, aber gegen Demokrit, erklärt er, dafs es zwar unfafsbar, unbestimmbar, aber keineswegs wirklich unendlich viele Arten von Atomgestalten gäbe. Eine begrenzte Anzahl reicht aus, die Verschiedenheit der Körper durch ihre verschiedene Gruppierung zu erklären, was durch das Beispiel der Buchstaben in ihrer Zusammensetzung zu Worten erläutert wird. Gegen Epikur, welcher lehrte, dafs es von jeder Gestalt einfach unendlich viele Atome gebe, erklärt Gassendi, dafs die Anzahl der Atome nur unbegreiflich grofs sei. Denn eine unendliche Zahl der Atome würde die Unendlichkeit der Welt bedingen.[2]

Dafs bei der mannigfachen Gestalt der Atome viele von ihnen mit Häkchen und Hervorragungen versehen sind, darf nicht zu dem Einwande des Lactantius führen, dafs dieselben abbrechen könnten und die Atome somit teilbar seien; denn die absolute Festigkeit der Atome, welche auf dem Ausschlufs des Leeren beruht, ist selbstverständlich unabhänging von der Gestalt.[3]

Die dritte Eigenschaft der Atome ist ihr Gewicht oder ihre Schwere; diese aber besteht in nichts andrem als in der

---

[1] *An.* I p. 120. *Op.* I 235, 236.
[2] *Op.* I p. 236—238. — [3] *Op.* I p. 239 b.

natürlichen und inneren Fähigkeit oder Kraft, vermöge deren das Atom durch sich selbst sich bewegen kann, in der ursprünglichen, angeschaffenen und unverlierbaren Neigung zur Bewegung, dem Antrieb und Andrang von innen her.[1] Diese Bewegung ist durch Gott, als er die Atome erschuf — denn sie sind keineswegs ewig, wie EPIKUR meinte — zugleich den Atomen als eine innere Eigenschaft mitgegeben und geschaffen worden. EPIKUR irrte, wenn er lehrte, daſs die Schwere der Atome darin bestand, daſs sie in gerader Linie nach oben oder unten und unendlich nach Raum und Zeit sich bewegten und von dieser Bewegung abgewichen seien. Die Schwere der Atome ist vielmehr die ihnen von Gott mitgegebene Kraft, sich unablässig zu bewegen und in allen Richtungen zusammenzutreffen.

Diese Bewegung der Atome ist die einzige und alleinige Ursache, von welcher alle Erklärungen in der Physik auszugehen haben. In einem höheren Sinne ist sie freilich eine sekundäre Ursache. Denn die erste und einzige Ursache aller Dinge überhaupt ist Gott. Weil in der Welt Ordnung erkennbar ist, muſs es auch eine ordnende Vernunft geben; diese schöpferische Ursache der Welt ist Gott; er ist zugleich die leitende Ursache der Welt und lenkt mit besonderer Fürsicht das Menschengeschlecht.[2] Innerhalb der sekundären Ursachen aber kann das innerste und erste Prinzip nur ein körperliches sein, und dies sind, wie schon gesagt, die bewegten Atome. Es handelt sich dabei nicht um die moralische oder metaphorische Ursache, sondern immer nur um die physische; es fragt sich nicht, was die Bewegung sei, durch welche im bildlichen Sinne der Apfel den Knaben anlockt, sondern vor allem, was die physische oder natürliche Kraft im Knaben selbst sei, durch welche er nach dem Apfel hin gerichtet und getrieben wird. Diese Bewegungsursache findet die Physik in den Atomen.[3]

Alle Bewegung ist nur Ortsveränderung. Die Beweise des ZENO gegen die Bewegung bedürfen keiner Widerlegung, wenn man mit EPIKUR nicht punktuelle, sondern physikalische Atome annimmt. Eine Schwierigkeit scheint aus der verschie-

---

[1] *Op.* p. 239b. — [2] *Op.* I p. 258. — [3] *Op.* I p. 295.

denen Geschwindigkeit der Bewegungen zu entstehen, da, während ein Körper durch das physikalisch Unteilbare in einem Moment bewegt wird, das Schnellere gleichzeitig viele Unteilbare durchlaufen müsse.[1] Man kann aber dieser Schwierigkeit vielleicht dadurch entgehen, daſs man die Bewegung als diskontinuierlich auffaſst und das Langsamere als eine Beimischung von Ruhe zur Bewegung erklärt. Für die Sinne würde die Bewegung immerhin kontinuierlich sein. Dies kann bei der Bewegung ebensogut stattfinden, wie Licht in Dunkel, Weiſs in Schwarz, Warm in Kalt durch unzählige, unmerkliche Zwischenstufen übergehen. So sehen wir, wenn ein Funken im Kreise geschwungen wird, einen zusammenhängenden Kreis, obgleich doch immer nur ein Punkt in jedem Momente leuchtet. Auch das bekannte Problem der *Rota Aristotelis* wird nach dieser Annahme zu erklären gesucht.

Während der Ruhe verschwindet die treibende Kraft der Atome nicht, sondern sie ist nur gehemmt. Wenn die Bewegung beginnt, so ist dies bloſs scheinbar, thatsächlich wird sie alsdann nur frei. Daher kann man sagen, daſs der Bewegungstrieb (impetus) immer konstant in den Dingen beharre, in derselben Gröſse, wie er von Anfang an gewesen ist.[2] Die ungeheure Geschwindigkeit der Atome wird durch die wiederholten Stöſse verlangsamt, während die Körper im Leeren gleich schnell fallen. Aber die Bewegung geht beim Stoſse nicht verloren. Das Abspringen der Atome voneinander ist dabei lediglich die Folge der absoluten Undurchdringlichkeit der Atome.

Auch in den Körpern, welche scheinbar in Ruhe sind, befinden sich die Atome in unausgesetzter innerer Bewegung. Die Sonnenstäubchen[3] sowie die Dämpfe des Salpeters, Quecksilbers, Zinns bei der Sublimation sind Beispiele, bei denen das Auge die unaufhörliche Bewegung kleiner Teilchen wahrnimmt, während die Bewegungen der Atome unter den Grenzen der Sinne bleiben. Es wäre aber die Thatsache, daſs Körper sogar beim Abschluſs einer äuſseren Ursache sich verändern und verderben können, nicht erklärlich, wenn nicht auch in den

---

[1] *Op.* I p. 300a. *An.* I p. 239. — [2] *Op.* I p. 301. *An.* I p. 241.
[3] Vgl. Arist. *de anima* p. 404a. 3.

dichtesten Körpern leere Zwischenräume und Bewegungen der kleinsten Teilchen vorhanden wären.

Der Unterschied zwischen natürlicher und gewaltsamer Bewegung reduciert sich bei GASSENDI auf einen solchen zwischen ungestörter und durch Hindernisse veränderter Bewegung. Im Grunde ist alle Bewegung natürlich, und das Zeichen derselben ist ihre Gleichmäſsigkeit. Allein die Umstände bewirken eine ungleichmäſsige Bewegung, welche man daher eine gewaltsame nennen kann.

Alle Übertragung von Bewegung kann nur eine äuſsere sein, sie muſs also entweder auf Zug oder auf Stoſs beruhen. Nun ist es zwar in vielen Fällen zweckmäſsig, diesen Unterschied und die Bezeichnung „Zug" beizubehalten, aber im Grunde wird jeder scheinbare Zug auf einen Stoſs zurückführbar sein; denn alle Bewegung stammt von den Atomen her, und zwischen den Atomen gibt es keine andre Mitteilung der Bewegung als durch den Stoſs.[1]

Am schwierigsten ist es, den Fall der Körper gegen die Erde auf einen solchen Stoſs der Teilchen zurückzuführen. In den Briefen *De motu impresso a motore translato* hatte GASSENDI versucht, die Beschleunigung des Falles aus dem Stoſse der Luft zu erklären, welche, vom fallenden Körper zurückspringend, denselben von hinten stöſst, während ihn gleichzeitig die Erde durch Vermittelung ausgestoſsener Körperchen an sich zieht. Jener erste Teil der Erklärung war jedoch nicht aufrecht zu erhalten, weil alsdann der Stein auch nach obenhin beschleunigt werden müſste; er hat daher diese Ansicht in den Briefen *De proportione, qua gravia decidentia accelerantur* zurückgenommen und sich auf die Attraktion als einzige Ursache der Beschleunigung beschränkt.[2] Wie aber ist die Attraktion zu erklären? Soviel steht jedenfalls fest, eine innere Qualität, wodurch der Körper ohne äuſsere Vermittelung nach der Erde getrieben werde, kann die Gravitation nicht sein; es muſs jedenfalls etwas von der Erde zu dem Körper hingelangen, um ihn zur Bewegung zu veranlassen. Diese Kommunikation ist vermutlich ebenso zu erklären, wie die Anziehung des Magnets auf das Eisen, wie sie aber im einzelnen zu denken sei, bleibt unbe-

[1] *Op.* I p. 303b. — [2] *Op.* I p. 303, 304.

stimmt. Denkt man sich die Vermittelung durch hakenartige Teilchen und den angezogenen Körper mit entsprechenden Ösen versehen, so müssen doch diese Teilchen oder die von ihnen gebildeten Ketten mit dem anziehenden Körper zusammenhängen; dann aber weifs man nicht, woher ein Zug entstehen soll. Sei es, dafs die ausgesandten Korpuskeln gleichsam Strahlen oder Ruten bilden, welche, bei ihrer Vereinigung sich umbiegend, den Körper gewissermafsen gegen die Erde drücken, sei es, dafs die fallenden Körper zwischen die Korpuskeln einer feinen Substanz eintauchen, die ihrer Sphäricität wegen abgleiten und sich gegen den anziehenden Körper zurückwenden, ähnlich wie die Korpuskeln die Beziehung zwischen den Sinnen und den äufseren Objekten vermitteln mögen — in jedem Falle wird bei der Erde wie beim Magnet angenommen werden müssen, dafs von ihnen Korpuskeln gleichsam als anziehende Organe ausgehen.[1]

Die mittlere der hier angedeuteten Hypothesen, welche GASSENDI in *De motu impresso etc.* näher ausführt,[2] verdient eine etwas eingehendere Darstellung, weil sie einerseits die Schwierigkeiten beleuchtet, welche der korpuskularen Erklärung der Schwerkraft innewohnen, andrerseits den aufserordentlichen Scharfsinn beweist, den GASSENDI aufwendete, um mit Hilfe seiner Atomistik gemeinsame Beziehungen zwischen verschiedenen Gebieten der Physik herzustellen. Er vermutet folgendes. Die anziehenden Körper senden wie von einem Mittelpunkte Strahlen von Korpuskeln aus, welche wegen der kontinuierlichen Emission Starrheit besitzen, ähnlich wie Ruten oder gespannte Saiten; obgleich sie aus Partikeln bestehen, die sich nur berühren, so stellen sie doch wegen der Stetigkeit der Aussendung und Lebhaftigkeit der Bewegung etwas Kontinuierliches dar, wie man es bei dünnen Wasserstrahlen bemerkt. Ähnliches wird bei den Lichtstrahlen der Fall sein. Wie nun die Lichtstrahlen beim Eindringen in ein neues Medium durch die Poren desselben gebrochen werden, so dafs nur der senkrecht auffallende Strahl gerade hindurchgeht, die übrigen ihm zugebrochen werden, so wird dies auch bei den Magnetstrahlen

---

[1] *Op.* I p. 305b.
[2] *Epist.* I, 14. *Op.* III p. 449.

(oder den von der Erde ausgehenden Gravitationsstrahlen) eintreten. Der durch die Schweraxe gehende Strahl wird nicht gebrochen, die andern neigen sich ihm zu. Die Magnetstrahlen drücken nun viel heftiger als die Lichtstrahlen den Körper gegen diesen Mittelstrahl zusammen, wie zwei gespannte Saiten oder Stäbe, oder wie Arme, deren Ellbogen am Scheitel des Brechungswinkels liegen. Ebenso wird eine Kugel nach der Wand gezogen, wenn man von einem Punkt aus durch zwei verschiedene Öffnungen Seile durch sie hindurchführt und diese alsdann anspannt. Die Unmöglichkeit der Erklärung liegt auf der Hand, weshalb wohl auch GASSENDI späterhin keinen Wert mehr auf dieselbe legte, aber sie ist immerhin interessant als einer der zahlreichen Versuche, mechanische Erklärungen der Gravitation auszudenken.

Die Beschleunigung der Körper erklärt GASSENDI aus der steten Erneuerung der Anstöfse, welche sich mit den früheren, die sich erhalten, summieren; er setzt also hierbei das Beharrungsgesetz voraus, wie er dies bereits 1640 in der Abhandlung *De motu impresso* gethan.[1] Späterhin werden hieraus GALILEIS Fallgesetze abgeleitet.[2]

Zahlreiche Versuche haben gezeigt, dafs verschiedene Bewegungen sich zusammensetzen und dafs die Teile eines bewegten Körpers die Bewegung desselben beibehalten, selbst nachdem sie sich von demselben abgelöst haben. So fällt der senkrecht emporgeworfene Körper auch dem schnellsten Reiter wieder in die Hand zurück. Wenn ein Stein fortgeworfen wird, so hat er kurze Zeit hindurch die Bewegung der Hand mitgemacht, und diese Bewegung behält er bei, wenn die Hand zurückgezogen wird. Es bedarf daher bei dem Wurfe der Körper keiner eigentlichen Übertragung oder Einprägung einer Kraft, welche nunmehr den Körper selbst weiter treibe, sondern was

---

[1] WOHLWILL, *Beharrungsg.* S. 133, 134. (357, 358). „Zum ersten Male erscheint bei dieser Gelegenheit die von BENEDETTI angedeutete Erklärung der Beschleunigung in der später allgemein angenommenen Ausdrucksweise: es ist die Anziehungskraft der Erde, die in jedem der aufeinander folgenden sehr kleinen Zeitteile dem fallenden Körper einen Bewegungsanstofs einprägt und dadurch, da die früheren insgesamt beharren, die fortwährende Zunahme der Geschwindigkeit bedingt.“

[2] *Op.* I p. 308 f.

mitgeteilt wird, ist die Bewegung des bewegenden Körpers selbst, die in dem bewegten verharrt; die Bewegung des letzteren wird nicht als Kraft eingeprägt, sondern nur angeregt (excitata).[1] Es gibt überhaupt keine Erregung von Bewegung als durch andre, bereits bewegte Körper, an deren Bewegung das neu Bewegte eine Zeitlang teilgenommen hat. Auch beim Stofse machen der bewegte und der bewegende Körper einen Moment lang einen Körper aus. Das Zurückspringen eines Körpers hat alsdann seine Ursache ebenfalls in dem Beibehalten der gemeinsamen Bewegung, nur kann dieselbe des äufseren Widerstandes wegen nicht mehr in derselben Richtung vor sich gehen. Das Zurückprallen eines Körpers von einer festen Wand stellt sich Gassendi ähnlich dem Gleiten an einer konkaven Fläche vor; dies erscheint kontinuierlich, ist aber thatsächlich ein fortwährendes Abspringen von Punkt zu Punkt, wobei die Sehnen des Bogens durchlaufen werden. Auf diese Weise wird die Richtung der Bewegung geändert, indem jede der kleinen Sehnen eine andre Richtung hat und im ganzen ein Bogen durchlaufen wird; die Bewegung aber hat dabei ihre Ursache lediglich in dem bewegten Körper, der nur auf die angegebene Weise seine Richtung verändert. Man sieht dies deutlich, wenn man sich den Körper zunächst an einer Ebene hinbewegt denkt, wobei doch offenbar seine Bewegung kontinuierlich bleibt, und dann die Ebene allmählich in eine (konkav) gekrümmte Fläche übergehen läfst, wobei durch wiederholtes, sehr flaches Abspringen eine immer stärkere Richtungsänderung eintreten wird, je stärker die Krümmung der Fläche ausfällt. Gassendi macht hier eine Anwendung des Prinzips der Kontinuität, indem er, um einen modernen Ausdruck zu gebrauchen, das Umwenden bei der Reflexion gewissermafsen als das Durchlaufen der Sehnen eines Bogens von unendlich kleinem Krümmungsradius ansieht.[2]

Wenn Körper ins Wasser schräg geschleudert werden, so weichen sie nach oben von der Richtung der Wurflinie in der Luft ab, sie heben sich im Wasser, anders wie die Lichtstrahlen, welche nach unten abweichen und im Wasser sich senken. Gassendi hält daher diese Erscheinung nicht für analog mit

---

[1] *De motu impr. Op.* III p. 454. — [2] *Op.* I p. 315.

der Brechung, sondern vielmehr mit der Reflexion; die ins Wasser eindringenden Körper werden auch reflektiert, können sich aber nicht mehr bis über die Oberfläche erheben, sondern erhalten nur eine Abweichung nach oben.[1]

Die Gravitation, d. h. die Attraktion der Erde nimmt vermutlich mit der Entfernung von der Erde ab. Denn die Strahlen, welche die von allen Punkten der Erde ausströmenden Körperchen bilden, müssen sich immer mehr nach oben hin verdünnen und daher den Fall der Körper in fernen Regionen träge machen, da in die Gegend des Mondes nur wenige, bis zu den Fixsternen kaum einer gelangen dürfte. Ist aber diese Annahme nicht richtig, sondern wirkt die Anziehung in jenen Fernen wie hier auf der Erdoberfläche, so ergeben sich äufserst grofse Geschwindigkeiten für die von dort herabfallenden Körper.[2]

Veränderung ist nur der Gröfse und dem Grade nach von der Bewegung verschieden. Aller Wechsel in den Eigenschaften der Körper ist ebenfalls auf die Bewegung der Atome zurückzuführen. Es treten nämlich zu den drei Eigenschaften der Atome: Gröfse, Gestalt und Schwere, noch zwei andre in Bezug auf ihr Zusammensein: Ordnung und Lage. Wie die Buchstaben die Elemente der Schrift sind und wie aus ihnen erst Silben, dann Wörter, Sätze, Reden und Bücher bestehen, so sind die Atome die Elemente der Dinge und sie verknüpfen sich zuerst zu den feinsten und kleinsten Konkretionen (concretiunculae) oder Molekeln (moleculae), und alsdann zu immer gröfseren und gröfseren Körpern, bis zu den allergröfsten. Und wie die verschiedene Gestalt der Buchstaben z. B. *A* und *O* für Anblick, Aussprache und Klang sich anders verhalten, so werden die Atome, je nachdem sie spitz, rund oder von andrer Gestalt sind, und je nachdem sie Gesicht, Gehör, Geruch oder andre Sinnesorgane treffen, verschiedene Bilder erzeugen, d. h. von verschiedenen Eigenschaften erscheinen. Wie derselbe Buchstabe je nach seiner Stellung für Gesicht und Gehör Verschiedenes bedeutet, als *N* und *Z*, *γ* und *λ*, *b* und *d*, *p* und *q*, so affiziert auch ein und dasselbe Atom in verschiedener Lage den Sinn in verschiedener Weise, wenn es z. B. pyramidenartig gestaltet ist und einmal mit der Spitze, einmal mit der Basis auftrifft.

[1] *Op.* I p. 317b. — [2] *Op.* I p. 310a.

Wie endlich eine Gruppe ebenderselben Buchstaben, je nachdem sie in verschiedener Ordnung auftreten, ganz Verschiedenes bedeutet (z. B. et, te; mus, sum; Roma, Amor; simus, musis; laurus, Ursula etc.), so können dieselben Atome durch verschiedene Umlagerungen zahllose Sinnesqualitäten darbieten.[1] Daſs aus dem bloſsen Lagewechsel der Atome ganz neue Qualitäten entstehen können, wird erwiesen durch Beispiele aus der Chemie, wo Färbungen und Wärme durch Mischung von Flüssigkeiten erzeugt werden, die diese Eigenschaften für sich nicht hatten.[2]

Was den Sinnen zugänglich ist, heiſst Qualität, und nur Qualitäten können von den Sinnen wahrgenommen werden. Wenn es nur eine einzige Qualität in der Welt gäbe, z. B. die Farbe, so läge kein Grund vor, warum der Verstand die Farbe von dem Gefärbten unterscheiden sollte; weil aber dasselbe, was dem Auge farbig erscheint, auch von der Hand als hart und widerstrebend wahrgenommen wird, so muſs es ein gemeinsames Subjekt geben, an welchem die Eigenschaften der Farbe und der Härte haften. Dieses Subjekt oder die Substanz selbst bleibt indes immer verschleiert und läſst sich nicht anders denken und angeben als durch die sinnlichen Qualitäten. Da nun die Atome die ganze Materie oder körperliche Substanz sind, so folgt, daſs, wenn wir noch irgend etwas anderes an den Körpern selbst wahrnehmen, dies nicht Substanz ist, sondern irgend ein Modus der Substanz, d. h. eine gewisse Verknüpfung, Zusammenfügung und Verbindung der materiellen Prinzipien.[3] Demnach kann der Körper auf zweierlei Weise betrachtet werden, erstens, insofern er Körper ist, und zweitens, insofern er ein so beschaffener Körper ist; dieses Beschaffensein des Körpers, die Qualität, ist nichts andres als die Art, wie der Körper sich nach seiner Struktur verhält.[4]

Gassendi versucht nunmehr in ausführlichster Weise die verschiedenen Qualitäten der Körper aus den Atomen herzuleiten und so, immer unter Berücksichtigung aller wissenschaftlichen Erfahrungen, eine spezielle atomistische Physik aufzubauen.

Die geringere oder gröſsere Dichtigkeit (raritas et densitas)

---

[1] *Op.* I p. 322b. — [2] *Op.* I p. 323. — [3] *Op.* I p. 327a.
[4] *Op.* I p. 327b.

eines Körpers hängt nur von dem Verhältnis des in ihm vorhandenen Vollen zum Leeren ab. Unter dem Volumen (capacitas) des Körpers hat man dabei den gesamten Raum zu verstehen, der von seiner Oberfläche umschlossen wird; ein Körper ist dann um so weniger dicht, je mehr Poren er enthält. Das nähere Aneinanderrücken der Atome bewirkt die Verdichtung.

Die Durchsichtigkeit der Körper beruht ebenfalls darauf, daſs die Poren derselben den Korpuskeln des Lichtes freien Durchgang gestatten. Deshalb sind die dünneren Körper im allgemeinen durchsichtiger als die dichteren. Wenn auch dichtere Körper, wie Wasser und Glas, durchsichtig sind, so ist dies aus der regelmäſsigen Anordnung der Gänge und Poren zu erklären, sowie man durch die Finger der Hand oder durch mehrere Siebe hindurchsehen kann, wenn sie so gelegt werden, daſs die Öffnungen übereinander kommen. Daſs z. B. Salz, in Wasser gelöst, dieses nicht undurchsichtig macht, während eine Beimischung von wenig Erde dies thut, läſst darauf schlieſsen, daſs die sehr kleinen Korpuskeln des Salzes sich denen des Wassers einreihen, ohne die regelmäſsige Ordnung der Gänge zu stören, während die Erde sich nur in dickere Körnchen auflöst.[1]

Die Gröſse der Körper hängt von der Menge der Atome ab, die Gestalt, welche nichts andres ist als die äuſsere Oberfläche des Körpers, von der Gröſse und Gestalt der Atome, und zwar bedingt die Gröſse der Atome die Feinheit oder Grobheit (subtilitas, hebetudo), d. h. die gröſsere oder geringere Fähigkeit, den Körper zu durchdringen, die Gestalt der Atome dagegen die Glätte oder Rauhigkeit (laevor, asperitas).[2]

Die Wirkungsfähigkeit der Körper liegt einzig in der Bewegung ihrer Atome. Selbst die sogenannten passiven Fähigkeiten, wie der geleistete Widerstand, sind im Grunde aktiv und kommen nur durch Bewegung zustande. Auch die scheinbar ruhenden Körper sind, wie schon gesagt, innerlich bewegt, und man kann die Ruhe als eine Art Spannungszustand auffassen, in welchem die Bewegungen sich ausgleichen.

Die Fähigkeiten der Körper brauchen jedoch nicht der ganzen Substanz derselben anzugehören, welche bestehen bleiben

[1] *Op.* I p. 333. — [2] *Op.* I p. 337.

kann, wenn auch einzelne Fähigkeiten sich verlieren, sondern sie hängen von den *spiritus* ab, d. h. von dem freiesten, feinsten und wirksamsten Teile der Prinzipien, vielmehr, sie sind nichts andres als diese Spiritus selbst. Manche Fähigkeiten kommen nur von aufsen dazu, wie die wärmende Fähigkeit des Eisens durch das Feuer, aber die einem Dinge eigentümlichen Fähigkeiten sind mit ihm zugleich entstanden. In den organischen Körpern sind die Fähigkeiten im Keime enthalten und entwickeln sich mit demselben. Die Wiederholung einer bestimmten Weise der Bewegung, die Uebung, führt zur Fertigkeit, was besonders bei den Sinnesorganen hervortritt. Alle Teile des Organismus sind in fortwährender Erneuerung begriffen. Die natürliche Wärme verzehrt stets etwas aus allen Teilen, während die Nahrung immer neue Partikeln zuführt. Die Biegsamkeit der Teile des Organs mufs daher durch fortgesetzte Übung immer wieder hergestellt werden, ohne welche es untauglich wird. „Ist es nicht wahrscheinlich, dafs hierin auch der Grund des Vergessens liegt, indem das Gehirn, oder was sonst der Vorrat an Bildern sei, vermöge deren wir uns erinnern, durch die Ernährung sich verändert?"[1]

GASSENDI betrachtet alle Körper als schwer. Leichtigkeit ist keine selbständige Eigenschaft, sondern nur etwas Relatives, nämlich geringere Schwere. Sie beruht auf der geringeren Menge des Vollen im Verhältnis zu dem vom Körper eingenommenen Raume, infolgedessen der Körper von der Erde weniger angezogen und durch die schwereren Körper in die Höhe gedrängt wird. Die Schwere ist jedoch eine doppelte, die einfache und die hinzutretende (simplex et adjectitia). Die erstere besitzt jeder Körper, auch der ruhende; man fühlt sie beim Aufheben mit der Hand und bestimmt sie durch die Wage; die zweite kommt beim Falle der Körper hinzu, wächst durch Beschleunigung und verschwindet, sobald der Fall aufhört; die erstere hängt nur von der Menge der Materie, die letztere nur von der Geschwindigkeit ab, indem alle Körper gleich schnell fallen.[2] Die Gestalt der Körper hat auf die Geschwindigkeit des Fallens lediglich insofern Einflufs, als sie bewirkt, dafs der Körper die Luft zusammenhält oder ausschliefst und daher

[1] *Op.* I p. 340b. — [2] *Op.* I p. 342a, b.

in der Luft den Körper schneller oder langsamer sich bewegen läſst.[1]

Wie die Teile der Erde schwer sind, insofern sie, von ihr entfernt, wieder nach ihr hinstreben, so muſs man auch die Teile der Sonne, des Mondes und der übrigen Himmelskörper für schwer halten, indem sie, jeder nach dem Himmelskörper, zu welchem er gehört, hingezogen werden; die Himmelskörper verhalten sich jeder wie ein groſser Magnet in Bezug auf ihre Teile, von denen jeder nach dem Zentrum seines eigenen Himmelskörpers, nicht nach dem Zentrum der Erde gravitiert.[2]

Von den spezielleren Eigenschaften der Körper behandelt GASSENDI zuerst die sogen. elementaren, Wärme, Kälte, Feuchtigkeit, Trockenheit, wobei bereits die Verbindung mehrerer Eigenschaften der Atome in Betracht kommt. Die aristotelischen Elemente gelten ihm natürlich nicht als Prinzipien, bestehen vielmehr selbst aus Atomen, aber sie können in Bezug auf die Zusammensetzung der Welt als relative Elemente betrachtet werden, nur sind ihre Eigenschaften atomistisch zu erklären.

Die Wärme ist zunächst als sinnliche Empfindung bekannt, als eine Wirkung auf die Haut oder ein andres berührendes Organ.[3] Aber dies ist nur ein spezieller Effekt, der von einem allgemeineren abhängt. Dieses allgemeinere Wesen gilt es zu erkennen, indem derselbe Vorgang, welcher auf uns als Gefühl der Wärme wirkt, auch Wirkungen auf andre Körper hervorruft.

Die Wirkung der Wärme beruht auf der heftigen Bewegung sehr kleiner, runder Atome. Diese sind natürlich nicht selbst warm, sondern sie bewirken das, was wir Wärme nennen, indem sie aus den Körpern hervorspringen und unsere Haut treffen, oder in andern Körpern Wirkungen erzeugen. Insofern ein Körper Wärmeatome oder richtiger warm machende (calorificae) Atome entsendet, ist er in Wirklichkeit warm (actu oder formaliter), insofern er dagegen die Wärmeatome in seinen Poren eingeschlossen enthält, hat er die Fähigkeit, unter Umständen warm zu werden. Das Hervortreten der

---

[1] *Op.* I p. 343b. — [2] *Op.* I p. 342b.
[3] Das folgende *Op.* I p. 346, 347.

Wärmeatome, d. h. das aktuelle Erwärmen, kann erstens geschehen durch das Eindringen ähnlicher Atome von aufsen her, welche den inneren Wärmeatomen den Weg durch die Poren eröffnen; so erklärt sich die Übertragung der Wärme von andern Körpern (was wir heute „Wärmeleitung“ nennen) und die Erhitzung durch das Feuer. Zweitens kann es geschehen durch Bewegung oder Stofs; sei es, dafs eine innere Bewegung der Atome eintritt, wobei nach wiederholten Umwälzungen die andersartigen Molekeln, von denen die Wärmeatome umschlossen sind, entfernt werden, sei es, dafs der ganze Körper sich bewegt. Ersteres ist der Fall bei der Erwärmung infolge innerer Vorgänge, wie Fäulnis u. dgl., letzteres u. a. bei der Reibung. Übrigens glaubt Gassendi, dafs Wasser durch Reibung nicht erwärmt werden könne. Diejenigen Körper, welche aus fettem oder zähem Stoff bestehen, können die runden, kleinen, leichtbeweglichen Wärmeatome am besten einschliefsen, weshalb derartige Körper die eigentlichen Wärmeerzeuger sind.

Die Verdunstung erklärt sich daraus, dafs die Wärmeatome beim Herausspringen zugleich feine Wasserteilchen mit sich reifsen und so den Dampf oder Dunst (vapor, fumus) erzeugen, welcher nichts andres ist als verdünntes und nach oben zerstreutes Wasser. Die Ausdehnung und Verdünnung der Körper soll ebenfalls auf dem Herausspringen der Wärmeatome beruhen, indem dieselben die ihnen entgegenstehenden Körper durch ihr Eindringen zerstofsen. Hierbei scheint jedoch Gassendi wesentlich nur an das Sieden und Verdampfen gedacht zu haben. Ähnlich werden speziellere Erscheinungen, wie z. B. das Löschen des Kalkes, erklärt.

Da die Kälte ganz entgegengesetzte Wirkungen hervorbringt wie die Wärme, namentlich die Körper zusammenzieht und verdichtet, so nimmt Gassendi für sie auch besondere Atome (frigorificae) an, und schreibt ihnen solche Gestalten zu, welche geeignet sind, die beobachteten Erscheinungen zu erzeugen. Er meint, dafs die Kälteatome pyramidal, etwa tetraedrisch gestaltet seien und gröfser als die Wärmeatome.

Das schon mehrfach erwähnte Problem (s. I S. 471, II S. 76), weshalb der Atem bei offenem Munde die Hand erwärme, bei geschlossenem abkühle, wird auch von Gassendi behandelt. Er meint, die ausgehauchte Luft bestehe gröfstenteils aus Wärmeatomen,

denen jedoch auch einige schwerbewegliche Kälteatome beigemischt seien. Bei offenem Munde und breitem Aushauch erschöpfen sich die Wärmeatome nicht so leicht und die Hand spürt die Wärme, je näher sie am Munde ist. Bei geschlossenen Lippen und engem Luftstrom sind die Wärmeatome binnen kurzem entleert und nur die Kälteatome übrig; die Hand spürt die Kälte umsomehr, je weiter sie vom Munde entfernt ist.[1]

Die Fluidität beruht darauf, daſs die Atome, aus welchen die flüssigen Körper bestehen, leere Zwischenräume zwischen sich enthalten und so voneinander getrennt sind, daſs sie sich gegenseitig um die kleinen Oberflächen bewegen können, an denen sie sich berühren. In gröberer Weise zeigt sich das bei den Körnern eines Getreidehaufens; doch muſs man sich die Korpuskeln des Wassers ungleich feiner und leichter beweglich vorstellen, so daſs unzählige von ihnen erforderlich sind, um nur den kleinsten sichtbaren Tropfen auszumachen. Daher erscheint auch das Wasser als Kontinuum. Der Dampf besteht, wie schon gesagt, aus denselben Atomen wie die Flüssigkeit, aus welcher er sich bildet. Beim Schmelzen werden die kleinen Partikeln der Metalle, welche noch sehr zusammengesetzt sind, durch das Eindringen der Wärmeatome aufgelöst, es entstehen die kleinen Zwischenräume, welche die Flüssigkeit des Ganzen bedingen. Bei den festen Körpern hängen die Atome so fest aneinander, daſs es an den leeren Zwischenräumen zur Bewegung fehlt und sie daher ihrer Trennung einen bedeutenden Widerstand entgegensetzen. Die Ursache davon kann liegen erstens in der Gestalt der Atome, die mit Häkchen versehen sind (hamuli uncinulive), zweitens in der Einführung und Bewegung äuſserer Teilchen, welche die Korpuskeln pressen, namentlich mit entgegengesetzten ebenen Flächen (wie z. B. die Kälteatome im Wasser), drittens in dem Ausschluſs beweglicherer und ruhestörender (runder, glatter) Teilchen.

Feuchtigkeit und Trockenheit sind nur besondere Arten der Flüssigkeit und Festigkeit. Erstere beruht auf dem Haften der Teilchen einer Flüssigkeit an festen Körpern und dem Eindringen in diese. Der *Humor* kann ein doppelter sein, *macer seu aqueus* und *pinguis seu oleosus*.[2]

---

[1] *Op.* I p. 351b. — [2] *Op.* I p. 354.

Die Weichheit und die von ihr abhängigen Eigenschaften der Biegsamkeit, Dehnbarkeit etc., ebenso die Härte und Starrheit, ferner Spaltbarkeit, Zerschneidbarkeit, Brechbarkeit etc., werden ebenfalls auf die gröfsere oder geringere Beweglichkeit der Korpuskeln zurückgeführt, zum Teil in ziemlich oberflächlicher Weise. Die Ductilität, die sich z. B. bei der feinen Verteilung des Goldes zeigt, setzt sehr kleine und hakenreiche Atome voraus. Beim Härten des Eisens durch Eintauchen des erhitzten in Wasser erfüllen die Wasserteilchen die sonst leeren Poren. Übrigens kann man, wenn die Kälteatome tetraëdrische sind, den Wasseratomen passend oktaëdrische Gestalt zuschreiben.

Die Erklärung der Elasticität, warum biegsame Körper nach Aufhören des Drucks in ihre Anfangslage zurückspringen, ist nicht ohne Schwierigkeiten. Sie geht zurück auf die Betrachtung, welche dazu führte, die Reflexion als im stetigen Zusammenhang mit der direkten Bewegung aufzufassen. Wenn man einen Stab auf eine Unterlage legt und auf das freie Ende einen Schlag führt, so dient die Unterlage als Unterstützungspunkt und das andre Ende des Stabes fährt, wegen der Festigkeit des Stabes, in die Höhe; hier ist es der Schlag selbst, welcher das eine Ende herab- und dadurch das andre Ende hinaufdrückt. Begegnet nun dieses hinaufgedrückte Ende einem zweiten Widerstande, so wird es dadurch hinabgedrückt und das erste wieder hinauf. Dies aber ist der Fall bei allen elastischen Körpern, die an dem einen Ende festgehalten und gebogen werden. Es thut nichts zur Sache, dafs der Stofs und Gegenstofs nicht auf einmal erfolgt, sondern durch einen kontinuierlichen Druck. Denn diese allmähliche Biegung ist nichts als eine dauernde Wiederholung fortwährender Stöfse, wobei die Gesamtwirkung erst beim letzten Stofse, wenn der Körper losgelassen wird, frei wird.[1]

Auch die spezifischen Sinnesqualitäten, wie Geschmack, Geruch, Ton und Licht sucht GASSENDI auf atomistische Vorgänge, die jedoch zum Teil von den Organen selbst abhängen, zurückzuführen.[2] Hier sieht er sich zu noch gröfseren Will-

[1] *Op.* I p. 358.
[2] Über GASSENDIS Stellung zu dieser Frage s. NATORP, *Phil. Monatsh.* XVIII S. 573 f.

kürlichkeiten genötigt. Bei Geschmack und Geruch werden Gaumen und Nase durch die besondere Gestalt der Atome gereizt.[1] Das passende Verhältnis zwischen diesen Atomen und der Struktur der Organe bedingt das beim Schmecken und Riechen auftretende Lust- oder Unlustgefühl.

Die Theorie des Schalles bleibt ziemlich unbestimmt.[2] GASSENDI huldigt dabei einer Emissionshypothese, indem er annimmt, daſs in bestimmter Weise gestaltete Teilchen von dem anhaltend tönenden Gegenstande sehr schnell und in immer gleicher Weise an das Ohr übertragen werden. Beim Sprechen wird der Ton, d. h. die in bestimmter Weise gestalteten Korpuskeln, gewissermaſsen nach allen Seiten hin ausgespritzt, jedoch nicht die ganze Masse des ausgestoſsenen Atems, sonder nur ein Teil, der allerfeinste, welcher der Gestaltung am leichtesten fähig ist. Nachhall und Echo werden richtig erklärt, desgleichen der Umstand, daſs das Echo nur bei einer gewissen Entfernung des reflektierenden Körpers zustande kommen kann. Auch weiſs GASSENDI, daſs die Geschwindigkeit des Schalls, welche MERSENNE zu 230 Pariser Orgyien bestimmt habe, nicht von der Höhe und der Stärke des Tones abhängig ist. Starke und schwache, tiefe und hohe Töne pflanzen sich mit gleicher Geschwindigkeit fort. Die Tonhöhe beruht also nicht auf der Geschwindigkeit, sondern auf der Häufigkeit, in welcher die Aussendungen von dem tönenden Körper hervorgehen. Hier wird darauf hingewiesen, daſs diese Erscheinung von den Stoikern richtig erklärt werde durch Vergleich mit den Wasserwellen, welche sich gleich schnell fortpflanzen, ob sie durch das Hineinwerfen eines kleinen oder groſsen Steines erregt werden. Trotz dieses Vergleiches und der Einsicht, daſs der Schall durch eine Bewegung der Luftteilchen erzeugt wird, und zwar durch eine Wiederholung desselben Antriebs, von dessen Häufigkeit die Tonhöhe abhängig ist, kommt GASSENDI doch nicht auf die Annahme einer Wellenbewegung der Luft. Übrigens schlieſst er aus den Versuchen MERSENNES, daſs die Schallgeschwindigkeit unabhängig von der Windrichtung sei.

Das Licht kann nur unter der Spezies der Farbe zur Wahrnehmung kommen. Es besteht in der Aussendung sehr

[1] *Op.* I p. 359 ff. — [2] *Op.* I p. 363 ff.

feiner Atome aus den leuchtenden Körpern, welche mit gleicher, ungeheurer Geschwindigkeit einander unausgesetzt folgen.[1] Eine solche Reihe von Atomen ist ein Lichtstrahl, und da dieselben sich nach und nach zerstreuen müssen, folgt die Abnahme des Lichtes mit der Entfernung. Die Erklärung DESCARTES' durch einen von der Sonne aus geübten und sich fortpflanzenden Druck wird abgelehnt, weil man nicht begreifen könne, wie, wenn die Sonne bei der bloſsen Vorbereitung zur Bewegung (worin nämlich der Druck besteht) beharre und die Bewegung nicht selbst erfolge, wie sie dann die benachbarten Körper zu drücken oder ihnen Bewegung zu erteilen vermag.

Das durch die Luft zerstreute Licht ist eigentlich nichts als das feinste Feuer, wie sich ja auch bei der Sammlung im Brennspiegel zeigt. Deswegen sind die Licht- und die Feuerkorpuskeln (lucifica, calorifica) als identisch anzusehen, also ebenfalls als sphärisch. Ihre auſserordentlich schnelle Bewegung wird nur durch das fortwährende Nachdrängen der folgenden, vom leuchtenden Körper ausgesandten Korpuskeln unterhalten, wie man daraus sieht, daſs dieselbe aufhört, sobald man die folgenden Korpuskeln abhält; dann tritt Dunkelheit ein. Jedoch mögen sie auch eine gewisse, ihnen eigentümliche, nur bei weitem nicht so groſse Geschwindigkeit besitzen, wie sich aus dem längeren Beharren der Wärme ergibt.

Nicht das Licht sieht man, sondern den leuchtenden Gegenstand, von welchem die Wirkung ausgeht. Ohne das Auge sind zwar die Lichtkorpuskeln da, das Licht aber ist nicht vollständig; denn dazu gehört auch der Effekt, welcher im Auge hervorgebracht wird.

Die Reflexion ist in derselben Weise zu erklären, wie das Zurückspringen eines harten Körpers von einer Wand. Treffen jedoch die Lichtkorpuskeln schräg auf Poren — und das schräge Auftreffen ist dabei eine wesentliche Bedingung — so findet Brechung statt. GASSENDI versucht die Brechung im dichteren wie im dünneren Medium nachzuweisen, indem er die Bahn eines einzelnen Lichtkügelchens verfolgt, hält sich jedoch dabei in sehr allgemeinen Erwägungen. Auch seine

---

[1] *Op* I p. 371 ff.

Farbentheorie dürfte für uns wenig Interesse haben; die verschiedenen Farben entstehen durch teilweise Verdunkelung, welche sowohl durch das Zwischentreten eines Mediums als durch verschiedene und wiederholte Brechung erzeugt werden kann. Schwärze ist das Fehlen des Lichtes.

Den Erscheinungen, welche durch die sog. *qualitates occultae*, namentlich die Sympathie und Antipathie der Dinge erklärt zu werden pflegen, steht Gassendi in Bezug auf ihre Thatsächlichkeit mit ziemlicher Leichtgläubigkeit gegenüber. Ihre Erklärung jedoch will er, wenn sie auch noch nicht immer gelingt, prinzipiell lediglich auf mechanische Ursachen zurückgeführt wissen. „Keine Wirkung geschieht ohne Ursache; keine Ursache wirkt ohne Bewegung; nichts wirkt auf ein entferntes Ding, für welches es nicht gegenwärtig ist, entweder für sich selbst oder vermittelst eines Organs, oder durch Verbindung oder Übertragung (transmissum); nichts bewegt etwas andres als mittels Berührung durch sich selbst oder durch ein Werkzeug, und zwar ein körperliches."[1]

Nach der Auseinandersetzung der atomistischen Prinzipien und den Anwendungen derselben auf die Veränderung der physikalischen Eigenschaften der Körper können nunmehr die weitschweifigen Untersuchungen Gassendis über das Entstehen und Vergehen der Körper in korpuskulartheoretischer Hinsicht wenig neues bieten. Entstehen und Vergehen der körperlichen Substanz gibt es nicht; alles Werden und Untergehen beruht auf dem Wechsel, welchem die Lage und Ordnung der Atome unterliegt. Hierbei kann es sich um eine bloſse Umlagerung der Atome handeln (wie bei der Verdunstung des Wassers u. dgl.), oder um ein Hinzutreten neuer Atome (wie beim Wachsen der Lebewesen), oder um ein Ausscheiden (wie bei den Wärmeerscheinungen).

Die Atome sind, wie schon gesagt, von Gott erschaffen, und zwar in solcher Menge und mit solcher Kraft und Anlage (vis, energia, indoles) sich zu bewegen, als dies notwendig war, um die Welt für alle zukünftigen Wirkungen, wie sie Gott vorhersah und wollte, sicher zu stellen. Die Schöpfungsgeschichte widerspricht keineswegs der Atomistik; man kann

---

[1] *Op.* I. p. 393b.

sie wörtlich annehmen. Allerdings hat es auch nichts Widersprechendes, daſs Gott die Atome zuerst als ein Chaos, aber mit solchen ursprünglichen Eigenschaften und Bewegungen geschaffen hätte, daſs die uns bekannte Welt daraus hervorgehen muſste. Dies bleibt jedoch eine bloſse Annahme, die Vernunft kann darüber nichts ausmachen und hat daher kein Recht, von der Offenbarung abzuweichen.[1]

GASSENDI ist ein Anhänger des coppernikanischen Weltsystems, für welches ihm die besten Gründe zu sprechen scheinen; aber er gesteht, daſs das tychonische anzunehmen sei, weil das coppernikanische der heiligen Schrift widerstreite.[2] Über die Substanz des Himmels und der Gestirne dürfte kaum etwas Sicheres auszumachen sein. Am wahrscheinlichsten ist, daſs die Sterne sich im leeren Raume bewegen. Die Bewegung derselben aber muſs auf dem ursprünglichen durch Gott geschaffenen Antrieb sich im Kreise bewegender Atome beruhen. Man kann sich die Möglichkeit dieser Bewegung nur nach Analogie der Tierseele und des Organismus vorstellen, welchen diese bewegt, d. h. man muſs eine innere Textur oder Form als Ursache der Sternbewegungen annehmen. Eine solche kann bei GASSENDI auch nur atomistisch gedacht werden und er spricht daher im Anschluſse an KEPLER von Fibern, deren Struktur die Erklärung der Kreisbewegung auf mechanischem Wege ermöglichen soll. Was er jedoch darüber sagt, ist so unbestimmt gehalten, daſs es als eine Stütze der Korpuskulartheorie jedenfalls nicht betrachtet werden kann.[3]

Die äuſserst umfangreichen Ausführungen GASSENDIs über die unter dem Namen *Meteora* zusammengefaſsten Erscheinungen, über die Erde und die Mineralien, die Pflanzen und Tiere bringen im ganzen nichts neues zur Charakterisierung seiner Korpuskulartheorie hinzu und können daher hier übergangen werden. Die Entstehung der Kristalle führt er auf die Wirkung eines Steinsamens zurück, welcher gleichsam wie ein Gährungsmittel auf die ungeordnete Masse wirkt und die gleichartigen Korpuskeln so ordnet, daſs sie sich mit ihren Flächen fest und regelmäſsig aneinanderlegen.[4] Die Seele der Pflanzen,

---

[1] *Op.* I p. 424, 425. — [2] *Op.* I p. 536a. — [3] *Op.* I p. 556, 557.
[4] *Op.* II p. 101.

welche jedoch nur das vegetative Prinzip ist, ebenso wie die Seele der Tiere ist eine körperliche Substanz, zusammengesetzt aus den feinsten und beweglichsten Atomen, welche in eigenartiger Disposition den ganzen Körper durchsetzen und am nächsten den Feueratomen stehen, wie sie ja auch das Prinzip der Lebenswärme bilden.[1] Alle Lebensregungen beruhen auf dem Ziehen oder Stofsen dieser Atome. Wie freilich aus diesen mechanischen Bewegungen das Empfindende selbst hervorgehen soll, bleibt die Frage, der Gassendi natürlich ratlos gegenübersteht, wenn er auch zu zeigen versucht, dafs in andern Fällen dem Ganzen Eigenschaften zukommen, welche die einzelnen Teile nicht besitzen. Ein zweiter Ausweg scheint sich ihm durch die Annahme darzubieten, dafs es von Anfang an beseelte oder wenigstens das Prinzip der Beseelung enthaltende Samen-Molekeln gegeben habe.[2] Diese Frage jedoch gehört dem Materialismus an, nicht der Korpuskulartheorie, wo sie nur in der Form auftritt, wie überhaupt zwischen den Atomen ein Zusammenhang, ein Ganzes, möglich sei. Hier sind die Grenzen der Atomistik erreicht und die Konsequenz ist nicht weiter fortzuführen, der Sprung in das Gebiet des Glaubens tritt ein. Die Empfindung will Gassendi noch der materiellen, aus Atomen bestehenden Seele zuschreiben, das Denken jedoch nicht. Die rationale Seele ist immateriell und von Gott dem einzelnen Menschen anerschaffen. Diese rationale Seele unterscheidet den Menschen, bei welchem sie mit der sensitiven, materiellen zusammentritt, vom Tiere, und sie allein ist unsterblich.[3]

4. Beurteilung der Atomistik Gassendis.

Das Charakteristische der gassendischen Atomistik ist die im engsten Anschlufs an die strenge Einfachheit der antiken Atomistik durchgeführte Entgegensetzung des absolut Vollen und des absolut Leeren. Es handelte sich um das Problem, wie der physische Körper vom geometrischen sich unterscheide. Gassendi antwortet: durch seine absolute Solidität. Diese ab-

---

[1] *Op.* II p. 117.
[2] *Op.* II p. 298 ff. *Phys.* sect. III, Membrum posterius. l. VI c. 3.
[3] *Op.* II p. 222, 223.

solute Solidität oder Undurchdringlichkeit ist ihm derjenige Begriff, welcher das Wesen der Substanz ausmacht. Er gründet also die Realität des Seienden auf die Substanzialität desselben, aber auf eine Substanz, welche niemals anders als räumlich existiert. Da nun die Körper thatsächlich trennbar sind, ihren Raum jedoch vermöge ihrer absoluten Solidität behaupten, so muſs angenommen werden, daſs diese absolute Solidität der Materie von vornherein individualisiert ist. Was ist aber das Mittel dieser Individualisierung, d. h. wodurch scheiden sich diese absolut soliden Raumindividuen voneinander, wodurch werden sie voneinander getrennt, so daſs sie nebeneinander bestehen? GASSENDI antwortet mit DEMOKRIT: Durch das Leere. Der leere Raum ist die Bedingung der Individualisierung der Raumteile, indem er die Möglichkeit von Abgrenzungen von geschlossenen Oberflächen gestattet, und er ist gleichzeitig die Bedingung der Veränderungen in der Körperwelt, indem er die Bewegung ermöglicht.

Es war dieser Rückgriff auf die antike Atomistik, wenn er auch für die Geschichte der Philosophie keinen neuen Gedanken enthält, doch eine schöpferische That in der Geschichte der Physik. Denn noch hatte die Korpuskulartheorie, welche vom physikalischen Interesse geleitet war, es nicht gewagt, den leeren Raum offen unter ihre Hypothesen aufzunehmen, so sehr auch viele ihrer Vertreter dies im Stillen gewünscht haben mögen, ja in ihren Schriften als den einfachsten Ausweg andeuteten. Jetzt erst war eine strenge und konsequente Begründung der Korpuskulartheorie auf Prinzipien möglich.

Innerhalb des dogmatischen Realismus, für welchen eine transcendente Welt auſserhalb des menschlichen Bewuſstseins *realiter* existiert und auf irgend eine Weise erst in das erkennende Subjekt hineintritt, ist in der That die Hypostasierung des Raumes zum Vacuum als dem allgemeinen Behältnis der sinnlich wahrnehmbaren Welt ein korrekter und notwendiger Gedanke.[1] Daſs dieser unendiche Raum als ein absoluter und ruhender aufgefaſst wird, ist ebenfalls eine notwendige Voraussetzung. Es hindert dabei nichts an der weiteren Verwen-

[1] Vgl. KANT, *Kr. d. r. V.* KEHRBACH S. 64, 65. ERDMANN S. 67, 68.

dung dieser Annahme in der Mechanik, dafs über das ursprüngliche Beziehungssystem keine Festsetzungen gemacht werden. Ein solches wird stillschweigend immer vorausgesetzt, indem der Anschauungsraum, welcher die Fixsterne mit umschliefst, nach einer zwar wissenschaftlich nicht definierten, aber allgemein geltenden Übereinkunft als ein festes Beziehungssystem gedacht wird.[1] Auch beim Übergang vom dogmatischen zum kritischen Standpunkte verliert die gassendische Voraussetzung des Vacuums als Grundlage der Atomistik nicht ihre Geltung. Allerdings ist der leere Raum kein Gegenstand sinnlicher Erfahrung, aber er bleibt eine der Voraussetzungen derselben, um die räumliche Anordnung der diskontinuierlich gegebenen Begrenzungen der Körper möglich zu machen. Er entsteht empirisch als eine Abstraktion vom erfüllten Raume, welche notwendig ist zur begrifflichen Definition der wahrgenommenen Bewegungen.[2] Teile des Raumes, von denen keine Bewegung — auch nicht eine unendlich kleine — ausgesagt wird, unterliegen nicht der Individualisierung durch den Substanzbegriff und nicht der Realisierung durch den Variabilitätsbegriff; sie sind das, was wir im physikalischen Sinne l e e r nennen. Die Annahme des leeren Raumes und der individuellen Atome bedingen sich gegenseitig.

Das Volle ist das absolut Volle, Solide, Untrennbare. Da die Körper erfahrungsmäfsig und thatsächlich teilbar sind, so müssen alle möglichen Teile von Anfang an als aktuelle Teile gegeben sein. Da aber andrerseits die solide Körpersubstanz existiert, so können die individuellen aktuellen Teile derselben nicht unendlich klein sein. Die mathematische Teilung des Raumes kann ins Unendliche fortgesetzt gedacht werden. Die physische Trennung mufs ihre Grenzen haben, weil sonst die substanzielle Wesenheit des Seienden sich in nichts verflüchtigen würde. Es handelt sich gar nicht mehr darum, die unendliche Teilbarkeit der Körper als unmöglich nachzuweisen,

---

[1] Die Geschichte dieses Problems behandelt L. Lange, *Gesch. Entw. d. Bewegungsbegriffs*. Ohne den Wert dieser Untersuchungen zu unterschätzen, fanden wir doch keine Veranlassung bei unserer Aufgabe, näher in dieselben einzutreten.

[2] Vgl. Schuppe, *Erk. Log.* S. 176, 177.

die Unteilbarkeit, im Sinne der physischen Untrennbarkeit, ist vielmehr überhaupt das Merkmal der Substanz. Die unendliche Teilbarkeit des Raumes ist nicht mehr auf die Materie übertragbar; dieser Einwand des ARISTOTELES gegen die Atomistik ist von vornherein nicht anzuerkennen, er scheitert an der andersartigen Fassung des Substanzbegriffs. GASSENDI ersetzt die substanziellen Formen des ARISTOTELES durch die materiellen Substanzindividuen.[1] Das ganze Denken seiner Zeit steht noch unter dem Einfluſs des Begriffs der „Formen", als der individualisierenden und die Wirklichkeit erzeugenden Kräfte. GASSENDI führt mit einer eleganten Wendung die „Formen" unter Beibehaltung des Wortes in eine ganz andere Position. Auch er sagt, die Form ist es, welche Körper von Körper unterscheidet und zum Einzelkörper macht, aber die Form ist bei ihm nicht mehr das zweckbestimmende Wesen, sondern die geometrische Figur. Die Abgegrenztheit, d. h. die Bestimmtheit der Oberfläche, welche zugleich die Gröſse fixiert, die Diskontinuität im Gegensatz zum Raume, bezeichnet das substanzielle Sein als eine Einheit, als das Atom. Diese in der Begrenztheit bedingte substanzielle Einheit heiſst im Gegensatz zum Raum Solidität. Dadurch ist der Begriff des Atoms als des substanziellen Raumindividuums vollzogen. Die Frage ist nun: Inwieweit hat hiermit GASSENDI die Vorstellung des Korpuskels, welche aus dem Bedürfnis der sinnlichen Anschaulichkeit hervorging, durch rationale Elemente ersetzt und begrifflich bestimmt?

Alle besonderen Sinnesqualitäten, wie farbig u. dgl., sind von vornherein ausgeschlossen; auch die Ausdrücke rauh, glatt u. s. w. sind in übertragenem Sinne zu verstehen und bezeichnen nur geometrische Eigenschaften. Aber ist nicht der Begriff der absoluten Härte noch aus der Sinnlichkeit der Widerstandsempfindung herübergenommen? Allerdings sind das Harte, das Tangible, das Undurchdringliche aus der Sinnlichkeit entlehnte Ausdrücke, um das Raumbehauptende zu bezeichnen. Der Unterschied der Physik von der Geometrie, der Dynamik von

---

[1] Aus dem folgenden Auszüge in m. Abh. *Über Gassendis Atomistik, Arch. f. G. d. Ph.* II S. 459 ff.

der Phoronomie, ist psychologisch in der empirischen Widerstandsempfindung gegeben. Aber wie GALILEI die psychologische Andrangsempfindung durch den Begriff des Moments objektivierte, so sucht GASSENDI im Begriff der absoluten Solidität nach einer rationalen Fixierung des aus der Sinnlichkeit entnommenen Elementes, welches uns als das Tangible, als Widerstandsempfindung gegeben ist. Es fragt sich nur, ob der gassendische Begriff ausreicht, jene Objektivierung zu vollziehen, deren die Physik für das Körperproblem bedurfte.

Man würde den Begriff der Solidität unzureichend erfassen, wenn man darunter die Idealisierung einer sinnlichen Eigenschaft, der Härte, verstehen wollte. Wenn den Atomen die Eigenschaft der absoluten Härte beigelegt wird, so ist dies nur eine sinnbildliche Redeweise, und ihre Berechtigung beruht nicht darauf, daſs eine höchste Steigerung der sinnlichen Eigenschaft der Härte denkbar ist, kraft deren die Atome unzerbrechlich sind, sondern die Solidität der Atome wurzelt bei GASSENDI wie in der antiken Atomistik auf rationalem, nicht auf sinnlichem Grunde. Solidität ist der Ausdruck für die Eigenschaft der Raumteile, durch welche sie raumbehauptende Individuen sind. Nicht, weil die Atome hart sind, können sie nicht getrennt werden, sondern das Untrennbare, absolut Solide ist die Bedingung dafür, daſs es Körper gibt und eine sinnliche Eigenschaft, die wir hart nennen. Die Solidität soll eine Bedingung des realen Seins überhaupt aussprechen, welche an die Substanz geknüpft ist. Es entsteht aber die Schwierigkeit, von hier zur Veränderung der Körper, d. h. zur Wechselwirkung der Atome zu gelangen. Erst in der Wechselwirkung hat sich der Begriff der Solidität zu bewähren, ob er zur Objektivierung der Materie ausreicht. Das einzelne Atom ist eine wertlose Abstraktion; eine Bedeutung für das Erkennen haben die Atome immer nur in ihrer Gesamtheit. Diese Vielheit muſs zugleich mit dem Begriff des Atoms gesetzt werden, weil Diskontinuität, die Trennung und Individualisierung durch die Raumgrenze, nur in der Vielheit einen Sinn hat. Die Raumbehauptung des Atoms kann nur bedeuten, daſs etwas vorhanden ist, woran sie ihre Realität erweist, d. h. daſs raumbehauptende Individuen miteinander in Konkurrenz um denselben Raumteil treten.

Die Atome bewegen sich im absoluten Raume, und diese Bewegung ist eine unzerstörbare. Damit sind die von Gassendi aufgestellten Bedingungen für das Vorhandensein einer physichen Körperwelt vollständig. Die Bewegung ist nur Ortsveränderung und eine den Atomen immanente Eigenschaft. Sie ist mit ihnen zugleich vom Schöpfer erschaffen; jedes Atom besitzt eine unverlierbare Neigung, einen inneren, d. h. ihm eigentümlichen Antrieb zur Bewegung. Gassendi nennt diese Eigenschaft die „Schwere" der Atome, aber er versteht darunter nicht eine Tendenz, in einer bestimmten Richtung sich zu bewegen, sondern eine den Atomen zugehörige Geschwindigkeit, und zwar ist die ursprüngliche Geschwindigkeit der Atome eine aufserordentlich grofse; alle andern Geschwindigkeiten entstehen erst aus derselben durch Unterbrechungen, durch dazwischentretende Ruhepausen.[1] Die unzureichende Vorstellung, welche sich Gassendi vom Zeitmoment macht, verleitet ihn dazu, verschieden grofse Geschwindigkeiten dadurch zu erklären, dafs eine ursprüngliche Geschwindigkeit durch intermittierende Momente der Ruhe für die sinnliche Vorstellung verlangsamt wird. Aus dieser Auffassung erklärt sich, warum Gassendi nicht von einer den Atomen immanenten Geschwindigkeit spricht, sondern den Ausdruck „Antrieb" vorzieht. Denn da die empirische Geschwindigkeit für ihn ein sinnliches Kontinuum ist, im Begriffe aber in einen Wechsel von Momenten der Bewegung und Ruhe aufgelöst wird, so mufs er die Bewegung der Atome so fassen, dafs sie durch die Ruhe nicht aufgehoben wird. Daher sagt er, dafs während der Ruhe die treibende Kraft der Atome nur gehemmt ist, aber nicht verschwindet, dafs vielmehr der anfängliche Bewegungsantrieb sich konstant erhalte. Die Ruhe gilt ihm als eine Art Spannungszustand. Dafs die einzelnen Atome ihrer Bewegung Ruhepausen in verschiedenem Verhältnisse beigemischt haben, kann demnach bei Gassendi keinen anderen Sinn haben, als dafs der Zusammenstofs mit andern Atomen dieselben verursacht; denn es ist dies der einzige Grund, welcher für eine Veränderung der endlichen Geschwindigkeit angegeben werden kann.

---

[1] S. II S. 150.

Daſs dieser Bewegungsantrieb den Atomen von Gott bei der Schöpfung mitgegeben ist, das ist ein lediglich im metaphysischen Interesse gemachter Zusatz, welcher für den erkenntniskritischen und physikalischen Wert der gassendischen Annahmen ganz irrelevant ist. Es kommt nur darauf an, daſs die Gröſse dieses Bewegungsantriebes, die Kraft oder Bewegungsfähigkeit des Atoms, eine individuelle und unveränderliche Eigenschaft für jedes Atom ist, geradeso wie seine Gröſse und seine Gestalt; denn die „Schwere" steht bei ihm ganz in einer Linie mit den eben genannten und charakterisiert somit das einzelne Atom.

Das Einzige, was an einem Atome verändert wird, ist seine Richtung. Die Veränderung der Richtung beruht ebensowohl wie die Verzögerung auf endlicher Wegstrecke auf der raumbehauptenden Eigenschaft der Atome. Wenn zwei Atome zusammentreffen, so ändern sie im allgemeinen ihre Richtung, da ihre Bewegung bestehen bleiben muſs und die Durchdringung nicht möglich ist. Somit ist der Stoſs auf die Solidität zurückgeführt; von Elasticität oder sonstigen sinnlichen Eigenschaften ist nicht die Rede; die Individualität der Atome, welche unverletzlich ist sowohl an Raumerfüllung wie an Bewegung, erhält die gesamte Welt in Aktion, bewirkt die Veränderung der Richtung und die Verzögerung oder Beschleunigung der Bewegung durch gröſseren oder geringeren Aufenthalt; mit einem Worte, sie bedingt zugleich die Wechselwirkung der Atome.

Das ist in der That eine höchst konsequente kinetische Atomistik. Es scheint, als ob ihr, um zu einer wissenschaftlichen Physik zu führen, nur Eins — freilich ein Unerläſsliches — fehlte, nämlich die mathematische Bestimmung der Bewegung der Atome. Da beim Zusammentreffen zweier Atome ihre Gröſse, Gestalt und absolute Geschwindigkeit unverändert bleiben, so wäre eine Festsetzung darüber nötig, wie sich die Richtung durch den Stoſs verändert. Denn nur von dieser hängt die Änderung der Verteilung der Atome im Raume ab. Es müſste also ermöglicht werden, wenn die Verteilung der nach Gröſse, Gestalt und Bewegungsrichtung bestimmten Atome in einem gegebenem Zeitmoment bekannt ist, daraus die Verteilung im folgenden Zeitmoment zu berechnen. Eine solche Festsetzung

wäre etwa denkbar für den einfachsten Fall gleich großer kugelförmiger Atome; es leuchtet aber ein, daſs bei den komplizierten Voraussetzungen Gassendis höchst mannigfaltiger und unregelmäſsiger Atomgestalten an eine mathematische Theorie überhaupt nicht gedacht werden kann.

Man hat vielfach auf die Verwandtschaft der gassendischen Atomistik mit der modernen kinetischen Theorie der Gase aufmerksam gemacht, und bei oberflächlicher Betrachtung könnte es scheinen, als fehle jener in der That nur die Festsetzung der Stoſsgesetze der Atome, um in die moderne mathematische Theorie überzugehen. Dabei übersieht man jedoch den fundamentalen Unterschied zwischen beiden, den Unterschied, welcher überhaupt die moderne von der antiken Atomistik trennt und darin besteht, daſs erstere auf dem Begriffe der Energieverteilung, letztere nur auf dem der Substanzverteilung im Raume beruht, oder, erkenntniskritisch ausgedrückt, daſs erstere das Denkmittel der Variabilität, letztere nur das der Substanzialität zur Verfügung hat. Um diesen Unterschied und damit den Standpunkt der gassendischen Atomistik klar zu legen, empfiehlt es sich, auf den Vergleich derselben mit der kinetischen Atomistik der modernen Physik einzugehen. Die kinetische Theorie der Gase läſst die Natur des einzelnen Atoms (Molekels) unbestimmt und setzt nur fest, daſs bei der Annäherung zweier Molekeln bis auf eine gewisse Distanz (Radius der Wirkungssphäre) eine Richtungs- und Geschwindigkeitsänderung der Molekeln stattfindet, während die Bahnen der letztern im übrigen geradlinig verlaufen. Der Unterschied von der Atomistik Gassendis liegt nicht in der Festsetzung über die Natur der Atome oder Molekeln; wie die sich bewegenden Korpuskeln beschaffen sind, darauf kommt es hier gar nicht an; der Begriff der Solidität würde genügen, die Bewegungsänderung zu erklären, falls man sich die „Wirkungssphäre“ durch ein kugelförmiges Atom von absoluter Solidität ersetzt denkt. Alles hängt davon ab, wie die Veränderung der Bahn durch den Stoſs erfolgt. Wenn wir hier den Ausdruck „Stoſs“ gebrauchen, so geschieht dies nur der Kürze wegen; man hat aber dabei nicht an einen mechanischen Stoſs (wie bei elastischen Körpern) zu denken, sondern nur an die Thatsache, daſs eine Annäherung der Atome bis auf eine bestimmte Grenze eine

gesetzliche Bewegungsänderung zur Folge hat (vgl. m. Abh. *Zur Rechtfertigung d. kinet. Atom.* V. f. w. Ph. IX. S. 154). Die Festsetzung hierüber braucht nicht etwa aus den Stofsgesetzen für die sinnlichen Körper entlehnt zu werden, sondern es ist nur erforderlich, solche Gesetze anzunehmen, dafs zwischen den Geschwindigkeiten und Richtungen der Atome vor und nach dem Stofse so viel Gleichungen bestehen, als derartige Gröfsen zu bestimmen sind. Hierzu dienen die Prinzipien der Mechanik, welche die beim Zusammentreffen stattfindenden Veränderungen eindeutig zu definieren haben. Die moderne Kinetik betrachtet die Bewegung eines Atoms, das als kugelförmig angesehen wird, und dessen Lage durch die Koordinaten seines Mittelpunkts für einen gegebenen Zeitmoment bekannt ist, als definiert durch seine Masse und seine Geschwindigkeitskomponenten, und nimmt an, dafs die Massen der Atome vor und nach dem Stofse unverändert seien und dafs die Geschwindigkeiten und ihre Richtungen bestimmt werden durch den Satz von der Erhaltung der Summe der nach den Koordinatenaxen projizierten Bewegungsgröfsen und durch den Satz von der Erhaltung der Energie. Die zu erklärenden sinnlich wahrnehmbaren Thatsachen werden nun zurückgeführt auf die in jedem gegebenen Falle im betreffenden Raumelement zur Wirkung kommende Energie. Diese Energie aber ist abhängig sowohl von der Masse als von der Geschwindigkeit und Richtung der anlangenden Atome, also sowohl von der Verteilung der Atome im Raume (der Menge) als von der Verteilung der Geschwindigkeiten. Es findet zwischen den Atomen ein Austausch von Geschwindigkeiten und dadurch von Energie statt. Hierbei haben wir, um Komplikationen zu vermeiden, immer nur den einfachsten Fall vor Augen und sehen also z. B. von rotatorischen oder intramolekularen Bewegungen ab. Demnach verfügt die Theorie zur Erklärung der empirischen Erscheinungen sowohl über Veränderungen in der Menge als in der Geschwindigkeit der Atome, oder, wie man auch sagen kann, die Wirkung hängt ab sowohl von der Anzahl als von der Intensität der in der Zeiteinheit erfolgenden Stöfse der ankommenden Atome.

Legt man jedoch der Atomistik die Annahmen Gassendis zu Grunde, so ergibt sich ein völlig andres Bild. Gassendi nimmt einen jedwedem Atom immanenten und ihm unveränder-

lich zugehörigen „Impetus" an. Wodurch derselbe mathematisch definiert ist, wird nicht angegeben. Man könnte aber leicht auf den Gedanken kommen, diesen Impetus durch den Begriff der Energie zu ersetzen, also jedem Atom einen konstanten Vorrat von Energie zuzuschreiben, um dadurch die Theorie Gassendis im modernen Sinne haltbar zu machen. Dies ist wohl die stillschweigende Annahme, auf welche sich die Ansicht gründet, daſs die gassendische Atomistik sich unmittelbar mit der modernen berühre. Nimmt man an, daſs jedes Atom für sich einen unverlierbaren Energievorrat besitze, so würde sich dies allerdings mit der Voraussetzung Gassendis decken. Denn da die Masse — beim Atom sind Masse und erfülltes Volumen Begriffe, deren Trennung nicht erforderlich ist — bei jedem Atom konstant bleibt, so müſste bei konstanter Energie auch die Geschwindigkeit des Atoms stets dieselbe bleiben. Bei Gassendi wird dies in der That angenommen; alle Atome haben eine ursprüngliche, sich gleich bleibende Geschwindigkeit. Offenbar könnte, so gut wie Volumen und Figur, auch die Geschwindigkeit eine für die verschiedenen Arten der Atome verschiedene sein; diese Festsetzung wäre an sich völlig berechtigt. Gassendi hält jedoch dafür, daſs alle Atome dieselbe absolute Geschwindigkeit besitzen, weil alle Körper im Leeren gleich schnell fallen. So wenig dieser Schluſs begründet ist, so kommt es doch hier nicht darauf an, sondern nur auf die Thatsache, daſs die empirisch wahrgenommene Verschiedenheit der Geschwindigkeiten der Körper nur beruht auf unaufhörlichen Unterbrechungen der absoluten Bewegung der Atome. Jedes Atom hat nach dem Abprall von einem andern wieder seine ursprüngliche Geschwindigkeit; demnach muſs seine Wirkung, insofern sie von seiner Geschwindigkeit abhängt, offenbar unter allen Umständen dieselbe sein. Wie viel Zusammenstöſse und Verzögerungen ein Atom auch erlitten habe, wie viel Zeit es auch gebraucht habe, einen endlichen Weg zurückzulegen, — an dem Ziele, an welchem sein Dasein wirksam wird, muſs immer dieselbe Intensität des Stoſses auftreten, weil es ja auf jedem kleinsten Teile seines Weges, auf jeder freien Strecke, seine absolute Geschwindigkeit hat, also die Kraft seines Anpralls nicht von den vorangegangenen Verzögerungen abhängig ist. Mit andern Worten: Energie ist

nicht übertragbar von einem Atom auf das andre. Das ist offenbar das genaue Gegenteil der modernen kinetischen Theorie, nach welcher alle Veränderung auf der veränderten Verteilung der Energie beruht.

Während in der modernen Theorie die empirische Wirkung abhängig ist von der Gröfse und Anzahl der Atome in der Raumeinheit und von ihrer mittleren Geschwindigkeit, fällt bei GASSENDI dieser letztere Faktor ganz aus; bei ihm kann die mittlere Geschwindigkeit gar keinen Einflufs auf die Gröfse der Stofswirkung besitzen, weil, wie gesagt, der Stofs immer mit der absoluten Geschwindigkeit ausgeübt wird. In einem gegebenen Zeitmoment hat ein Atom immer seine volle Anfangsgeschwindigkeit, oder gar keine Geschwindigkeit. Eine Veränderung der Geschwindigkeit gibt es nur *ad sensum*, auf endlichen Strecken, insofern gleiche Strecken von verschiedenen Atomen in verschiedenen Zeiten durchlaufen werden, je nach dem Verhältnis, in welchem die Momente der Ruhe zu der Zeit der freien Bewegung stehen. Für diese Unterbrechungen der Bewegung besteht keine andre Ursache als die Hemmung durch entgegentretende Atome. Es mufs daher offenbar angenommen werden, dafs jeder Zusammenstofs die sich treffenden Atome einen Moment aufhält (zur Ruhe bringt), und sodann die Bewegung wieder „frei" wird. Die Durchschnittsgeschwindigkeit mufs also kleiner sein als die absolute um eine Gröfse, welche proportional ist der Anzahl der in der Zeiteinheit stattfindenden Zusammenstöfse. Die Energie aber ist nur von der absoluten Geschwindigkeit abhängig. Die Durchschnittsgeschwindigkeit hat demnach einen Einflufs nur auf die räumliche Verteilung der Atome, insofern ihre Herabminderung den Durchgang durch die Raumeinheit verzögert und dadurch eine Anhäufung der Atome bewirkt; die empirische Wirkung ist also lediglich abhängig von der Zahl der auf die Einheit der Fläche in der Zeiteinheit stofsenden Atome. Somit ergibt sich das Verhältnis der substanziell erfüllten Raumteile zu dem Volumen des leeren Raumes als die einzige Gröfse, welche veränderlich ist und zur Erklärung der wahrgenommenen Wirkungen dienen kann. Hierin liegt der Grund, warum die kinetische Korpuskulartheorie zur Erklärung der Erscheinungen mit der Annahme einfacher Atomgestalten nicht ausreichen

konnte, sondern ihre Zuflucht zu den Komplikationen nehmen mufste, welche durch Ecken, Hervorragungen und Häkchen den Atomen die nötige Mannigfaltigkeit geben sollten, die zu jener Erklärung erforderlich ist. Je mehr aber die Hypothesen über die Atomgestalten sich häufen, um so mehr entfernt sich die Korpuskulartheorie von der Möglichkeit einer mathematischen Begründung und nähert sich dem Versuche einer blofs sinnlichen Veranschaulichung der Vorgänge.

In der begrifflichen Begründung der Physik ist somit Gassendi über die antike Atomistik nicht hinausgekommen. Es ist ihm nicht gelungen, die Wechselwirkung der Atome gesetzlich zu fundieren und damit die Veränderung in der Körperwelt zu realisieren; vielmehr bleibt er bei dem Unterschied des Vollen und Leeren insofern stehen, als der Wechsel der Substanzverteilung im Raume das einzige Prinzip der Naturerklärung wird. Die substanzielle Selbstständigkeit der Atome hat er dabei widerspruchsfrei festgestellt; aber er scheitert schon am Begriff der Geschwindigkeit. Die Bewegung als ein Kontinuum zu fassen ist ihm unmöglich; und so ist denn auch bei ihm das Fehlen des Denkmittels der Variabilität der Grund, weshalb alle seine Auslassungen über die Bewegung unzureichend bleiben. Es zeigt sich dies sogleich bei dem ersten Versuche, den Begriff einer kontinuierlichen Geschwindigkeit zu erfassen. Obgleich ihm Raum und Zeit als Kontinua gelten und er in dieser Hinsicht die Einwürfe der Eleaten und Skeptiker gegen die Bewegung zurückweist, bleibt er doch seltsamerweise beim Begriff des *insectile physicum* in der alten Schwierigkeit hangen. Die Atome besitzen Ausdehnung; trotzdem nimmt er an, dafs das *insectile physicum* in einem einzigen Momente (unico instanti) durchlaufen werde, d. h. also doch, dafs dieser Zeitmoment nicht teilbar ist, und es erscheint ihm undenkbar, dafs bei gröfserer Geschwindigkeit in diesem einen Zeitmoment eine Reihe von physikalischen Unteilbaren durchlaufen werde. Es ist ihm also der Zeitmoment doch nichts andres als der starre Zeitpunkt, und er vermag nicht in demselben den Begriff der Veränderung festzuhalten als eines Gesetzes, welches auch unter Abstraktion von der Extension die weitere Entwickelung garantiert. Obwohl er fühlt, dafs auch im Moment der Ruhe das Gesetz der

Bewegung nicht aufgegeben werden darf und ihm diese daher als Spannungszustand erscheint, gelingt es ihm nicht, den adäquaten Ausdruck für die Eigentümlichkeit der kontinuierlichen Gröfse zu finden, welche darin beruht, dafs in ihrem Begriffe in jedem unendlich kleinen Teil das Gesetz ihrer Erzeugung mitgedacht werden mufs. Das aber ist der einzige Weg, durch welchen Veränderung denkbar und mathematisch darstellbar wird. Daher bleibt mit dem Gesetz der Veränderung auch der kausale Zusammenhang der Atome und ihre Wechselwirkung von der mathematischen Begründung und demnach von der Objektivierung durch Begriffe ausgeschlossen. Die rationale Begründung schreitet vom Begriffe der raumerfüllenden Substanz vor bis zu dem Begriffe, dafs die individuellen Substanzen eine Veränderung in ihrer räumlichen Verteilung erleiden. Von der andren Seite schreitet die empirische Physik durch Zerlegung und Abstraktion in der sinnlichen Körperwelt vor bis zu Korpuskeln, welche, verschieden nach Gröfse und Gestalt, analog dem Stofse harter Körper sich verdrängen und ihre Bewegungen beeinflussen. Aber diese Vorstellung bleibt innerhalb der Grenzen sinnlicher Erfahrung und gründet sich auf Thatsachen der Empfindung, insbesondere der Widerstandsempfindung. Zwischen dieser sinnlichen Thatsache und der rationalen der Raumerfüllung fehlt bei GASSENDI die Brücke, es fehlt eine Festsetzung darüber, wie das sinnliche Zeichen der wechselnden Widerstandsempfindungen durch einen mathematischen Begriff zu einer objektiven Realität von wissenschaftlicher Geltung gemacht werden kann.

Derartige Festsetzungen sind die Prinzipien der Mechanik, und sie fehlen bei GASSENDI in noch höherem Grade als bei DESCARTES. Auf seine Bewegungsgesetze näher einzugehen, ist daher hier nicht nötig, zumal die Bewegungen der Atome sich jeder mathematischen Darstellung entziehen. Ein Fundamentalfehler liegt darin, dafs er wie DESCARTES die Richtung als eine von der Natur der Bewegung unabhängige Eigenschaft löst, so dafs eine direkte Umkehr der Richtung ohne Schädigung der Geschwindigkeit erfolgen kann, ganz unabhängig von der Gröfse des geleisteten Widerstandes. Wenn er die sinnliche Wirkung der anprallenden Atome mit der Gröfse ihrer Geschwindigkeit in Beziehung setzt, so ist dies doch nur eine

Verdeutlichung für die Anschauung, aber keine begriffliche Fixierung im Sinne einer Energetik. Denn, wie oben dargelegt, ist die Annahme einer verschiedenen Geschwindigkeit der an die Sinnesorgane gelangenden Atome eine Illusion und im Widerspruch mit dem von Gassendi vorausgesetzten Bewegungsbegriffe. Die Verschiedenheit der Wirkung kann vielmehr nur auf einer wechselnden Häufigkeit der Atomstöfse, nicht aber auf einem Wechsel ihrer Intensität beruhen. Die dynamische Realität der Materie reduciert sich bei ihm durchaus auf die Substanzmenge, welche einen gegebenen Raum erfüllt. Die Bewegung der Atome bestimmt nicht die Wirkungsfähigkeit, sondern nur das Verhältnis des Vollen zum Leeren. So bleibt die Solidität der einzige Begriff, welcher zur Objektivierung der Empfindung dient.

Wenngleich die Atomistik Gassendis die Aufgabe der neuen Naturwissenschaft, die Verbindung der Kausalität mit der Substanz, durch eine Neugestaltung des Bewegungsbegriffes nicht zu lösen vermochte, so hatte er doch gerade in der Einseitigkeit seines Substanzbegriffs einen Vorteil vor Descartes voraus. Dieser konnte die angestrebte Individualisierung der Materie nicht leisten, Gassendi beginnt damit; er übergibt der Physik in seinen Atomen substanzielle Individuen, welche durch ihre Solidität das raumerfüllende Substrat der Bewegung bilden, und er liefert durch den leeren Raum der mathematischen Mechanik ein freies Feld, in welchem keine künstlichen Annahmen über die Materie nötig sind, um ungehinderte Bewegung zu ermöglichen. Er sondert den physischen Körper durch die Solidität vom geometrischen und von der blofsen Ausdehnung des Raumes. Das ist eine Vorstellungsweise, welche dem Bedürfnis der empirischen Physik entgegenkam und deren praktische Vorteile auch Descartes auf Umwegen sich zu sichern suchte, während Galilei anerkannte, dafs er sie seiner Theorie der intensiven Punkte vorziehen würde, wenn nicht äufserliche Rücksichten ihn hinderten.[1] Insofern ist Gassendis Atomistik als eine wichtige Stufe in der geschichtlichen Entwickelung der Lehre vom Körper auszuzeichnen. Nicht die Originalität des Gedankens — die freilich Gassendi

[1] S. II S. 41. Dsgl. über Berigard s. I S. 493.

nicht zukam — ist hier entscheidend, sondern der historische Ort desselben. Was der Genius Demokrits geschaffen, lag seit zwei Jahrtausenden dem wissenschaftlichen Denken bereit, ohne daſs der darin verborgene Schatz hätte gehoben werden können. Erst am Genius Galileis konnte sich die verloschene Fackel wieder entzünden, welche dem Fortschritt der Naturwissenschaft die Wege zu erleuchten bestimmt war. Aber die Atomistik war dazu nötig. Die Kontinuität des physikalischen Denkens liegt zu klar zu Tage, als daſs man die Erweckung der antiken Atomistik durch Gassendi als einen Zufall bezeichnen könnte in einem Augenblick, in welchem der europäische Geist sich anschickte, einen neuen Naturbegriff zu producieren. Neben Galilei und Descartes tritt daher Gassendi, nicht vergleichbar an Originalität, aber an historischer Bedeutung als bewuſster Förderer eines unentbehrlichen Gedankens, der die Geisteswelt der beiden andern zu ergänzen berufen war. Zunächst geht seine Atomistik wie die cartesische Korpuskularphysik nur äuſserlich neben der Mechanik Galileis her; die gegenseitige Befruchtung konnte sich erst in der Zukunft vollziehen. Huygens war es, der durch seine Prinzipien der Mechanik die Verbindung der substanziellen Atome Gassendis mit Galileis Bewegungsbegriff ermöglichte.

Gassendis Leistungen in der Erklärung spezieller Naturerscheinungen mit Hilfe seiner Korpuskulartheorie beschränken sich überall auf eine sinnliche Veranschaulichung der empirischen Thatsachen durch die Bewegung der Korpuskeln. Da es, wie gesagt, hierbei zu einer mathematischen Theorie nicht kommen konnte, gelingt es ihm auch nirgends seine Hypothesen als notwendige Annahmen zu erweisen, sondern er will gar nichts andres, als sie plausibel machen. Er will eine etwaige andere Erklärungsart nicht ausschlieſsen. Trotzdem müssen wir auch hierin eine wesentliche Förderung der Naturerklärung sehen. Die sinnlichen Qualitäten werden auf die rein mechanische Bewegung der Atome reduciert, wodurch eine einheitliche mechanische Naturauffassung zwar noch nicht zwingend bewiesen, aber denkbar gemacht wird. Dabei ist sein Verfahren insofern ganz modern, als er sich nicht mit allgemeinen Andeutungen begnügt, sondern soviel wie möglich auf die Erklärung spezieller Thatsachen eingeht. Wenn er erkennt, daſs derselbe Vorgang,

welcher auf unser Gefühl als Wärme wirkt, auch Wirkungen auf andre Körper hervorruft, so liegt darin ein Schritt zur Objektivierung der Empfindung, der einer mathematischen Theorie jedenfalls vorangehen mufste. Auf eine speziellere Kritik seiner Hypothesen einzugehen, dürfte jedoch nicht notwendig sein, nachdem wir eine ausführliche Darstellung derselben gegeben haben. Als wichtig und ein Fortschritt über Descartes ist hervorzuheben, dafs Gassendi den Begriff der Molekel einführt, indem die Atome sich zuerst zu *concretiunculae* oder *moleculae* zusammen gruppieren, welche ihrerseits erst die sinnlichen Körper bilden. Die Fruchtbarkeit der korpuskularen Hypothese wird dadurch wesentlich erhöht und ihr Gebrauch dem Chemiker als vorteilhaft angezeigt. Auch die Erkenntnis, dafs alle Atome in unausgesetzter Bewegung begriffen sind, mufs als eine vorurteilslose Ansicht im Anschlufs an die antike Atomistik und als notwendig für eine weitere Ausbildung der kinetischen Atomistik rühmend erwähnt werden. Dagegen wird man die Künstlichkeit seiner Atomgestalten und die Annahme besonderer Kälteatome zu den schwächeren Stellen der Atomistik Gassendis rechnen.

Für den historischen Gang der Korpuskulartheorie dürfen die äufserlichen Umstände nicht unterschätzt werden, die in der Ehrenrettung Epikurs durch einen Mann wie Gassendi lagen. Durch ihn wurde die Atomistik, so zu sagen, salonfähig. Nunmehr konnte es nicht mehr genügen, auf den greulichen Heiden Epikur als ein abschreckendes Beispiel hinzuweisen, wenn man vor der Atomistik warnen wollte. Gassendi hatte sein Ansehen rehabilitiert und die Atomistik von dem Fluche des Atheismus gelöst. Die Atome und ihre Bewegungen waren Geschöpfe Gottes, und das frömmste Gemüt brauchte vor ihrer Annahme nicht zurückzuschaudern. Der gewandte Würdenträger der Kirche verbürgte sich für ihre Unschuld. Das Verbot der Atomistik wurde, wenigstens im Interesse der Kirche, nicht mehr notwendig, und das Interesse an Aristoteles begann damit von selbst zu verblassen. So fand Gassendi gewissermafsen einen *modus vivendi* für die Hypothesen der atomistischen Physik, welcher ihre Behandlung ermöglichte, bis die Naturwissenschaft selbst so weit erstarkt war, dafs sie den Einflufs der Kirche nicht mehr zu fürchten hatte. Die

Atomistik wurde Mode, und die schöngeistige Welt von Paris spielte mit den Korpuskeln Gassendis wie mit den Wirbeln Descartes'.[1]

5. Angriffe Morins.

Unter Gassendis Schülern und Anhängern ist François Bernier aus Anjou als der eifrigste zu erwähnen, welcher einen viel gelesenen Abriſs seiner Philosophie herausgab[2] und schon bei Gassendis Lebzeiten energisch für seinen Freund und Meister eintrat. Es handelte sich um die gemeinen Angriffe, welche Morin gegen Gassendi richtete. Allerdings waren diese so albern und nichtssagend, daſs sie einen Mann wie Gassendi kaum berühren konnten. Dennoch ist es für die Geschichte der Korpuskulartheorie nicht ohne Interesse zu sehen, mit welchen Gegnern sie es zu thun hatte. Morin, den wir schon bei den Pariser Disputanten (s. I S. 184) und im Briefwechsel mit Descartes als dessen Feind kennen gelernt haben (s. II S. 111), nahm immerhin in Paris eine einfluſsreiche Stelle ein und vermochte, wenn auch nicht durch Gründe, so doch durch Bosheit und Intrigue dem Fortschritt freier wissenschaftlicher Lehre entgegenzuwirken, wie er denn Gassendi bei Hofe und an der Universität in jeder Weise zu schaden suchte. In seinen Schriften zeigt er sich ebenso verbohrt in seine scholastischen Ansichten und unfähig zum Verständnis eines andren Gedankenganges, als von Charakter gehässig, verleumderisch, kleinlich, eitel und aufgeblasen.

Morin stellt die Sache so dar, als habe er nicht mehr mit gutem Gewissen den Skandal ansehen können, daſs, nachdem Gassendi in drei Foliobänden Epikurs Philosophie erneuert hätte, sein Name — Maximus hätten ihn seine Schüler genannt — soviel Gewicht erlangt, daſs beinahe die Mehrzahl der Gebildeten sich hätte davon blenden lassen und seine Philosophie an der Universität gelehrt worden wäre.[3] Deshalb habe er durch eine Schrift von nur vier Bogen (32 Seiten) kühn jenes

[1] Molière, *Les femmes savantes*, acte III, scène II.

[2] *Abregé de la philosophie de Gassendi.* 8 vol. 1. Ed. 1677, 2. Ed. Lugd. 1684. Über die spätere Abweichung Berniers von Gassendi s. 5. Buch, 2. Absch. 3. Cp.

[3] *Astronomia Gallica*, Hag. Com. 1661. l. IX p. 161.

gigantisches Standbild der epikureischen Philosophie angegriffen. Thatsächlich hatte sich jedoch MORIN gekränkt gefühlt durch die beiden Briefe GASSENDIS an PUTEANUS von 1640: *De motu impresso a motore translato*, worin GASSENDI MORIN in harmloser Weise als Gegner der Erdbewegung erwähnt hatte.[1] Deswegen trat er im Jahre 1643 mit einer heftigen Schrift gegen die Coppernikaner hervor, die den schönen Titel führte: *Alae telluris fractae.* GASSENDI setzte eine Gegenschrift auf, sah jedoch von der Veröffentlichung derselben ab, um Streit zu vermeiden. Diese Schrift ist der dritte Brief der unter obigem Titel *De motu impresso etc.* bestehenden Sammlung und wurde 1649 von NEURAEUS ohne Wissen und Willen GASSENDIS veröffentlicht. Hierauf erst erfolgte der Wutausbruch MORINS in jener obenerwähnten kleinen Schrift *Über die Atome und das Leere.*[2] Es heifst da in der Widmung: „Ich zweifle nicht, dafs man einst sagen wird, dieser Pygmäe hat den Riesen MAXIMUS trotz seiner dreibändigen Bewaffnung unter deinen höchst glücklichen Auspicien niedergeschlagen."[3] Der Kampf aber sei um so notwendiger, als in den letzten sechs Jahren nicht weniger als drei Werke von berühmten französischen Schriftstellern erschienen seien, von denen der katholischen Religion Schädigung drohe, nämlich die Philosophie DESCARTES', GASSENDIS epikureische Lehre und eine französische Übersetzung des LUKREZ. MORIN geht nun die gassendische Theorie durch und sucht nachzuweisen, dafs sowohl die Hypothese von den Atomen als diejenige vom leeren Raume eine blofse und nichtige Einbildung sei. Vergeblich aber wird man unter seinen Einwänden und Widerlegungsversuchen irgend einen Gedanken von Belang suchen. MORIN zeigt sich durchaus als ein Mann, der seinen Gegner nicht verstehen will oder kann; alle seine Entgegnungen setzen einfach das als unwiderlegbar bewiesen voraus, was eben

[1] *Op.* III p. 471 b. cf. p. 473 a.

[2] Der ausführliche Titel lautet: *Dissertatio* JO. BAPT. MORINI Doctoris medici, et Parisiis Regii Mathematum Professoris. *De atomis et vacuo* contra PETRI GASSENDI philosophiam Epicuream. Ad serenissimum Principem Henricum Borbonium Metensium Episcopum, S Germani a pratis abbatem, etc. Parisiis, Apud Authorem, in Suburbio D. Marcelli, juxta aedem Patrum Doctrinae Christianae: Tum apud Macaeum Bouillette, in Collegio Regio. MDCL. 4. (32 pp.)

[3] A. a. O. p. 3.

Gassendi scharfsinnig bestreitet, und wollen die alten scholastischen Begriffe benutzen, um die Sätze umzustofsen, in denen diese selbst schon aufgehoben sind. Dafs Gassendi keine substanziellen Formen zulasse, erscheint Morin als ein Hauptfehler (p. 7). Die Annahme von Atomen scheint ihm überflüssig, da die vier Elemente oder drei chemischen Prinzipien als Prinzipien der Auflösung genügen, wenn man die minimalen Elementarpartikeln der Körper als von der Natur selbst nicht weiter auflösbar ansieht. Auch seien die Atome gar nicht gleichartig, da die kleinsten Teile des Wassers, der Erde, des Glases etc. wiederum Wasser, Erde, Glas blieben.[1] Er begreift also gar nicht, dafs es eben darauf ankommt, die qualitative Verschiedenheit der Körper auf quantitative Unterschiede einer einheitlichen Materie zu bringen. Ebenso stellt er dem Bestreben Gassendis, die Qualität des Weichen auf die eine Eigenschaft der Solidität harter Atome zu begründen, nur unqualifizierbare Redensarten entgegen.[2] In den verschiedenen Gestalten der Atome sieht er einen Widerspruch gegen ihre Gleichartigkeit.[3] Die Annahme des Vacuums zur Ermöglichung der Bewegung sei nicht nötig, da Trennung und Ausfüllung gleichzeitig, nicht nacheinander erfolgen. Das Wortspiel vom „leeren“ Raume (inane) und „leeren“ Fragen und Gründen mufs ihm hier als Hauptmittel der Polemik dienen.[4] Der Forderung des leeren Raumes zur Erklärung der Ausdehnung setzt er nur die alte Behauptung entgegen, dafs der Raum sich nach der Materie, die er enthält, richte und mit ihr zugleich sich ausdehne. Wenn ein Wasserteilchen in einem hermetisch verschlossenen Gefäfse in Dampf verwandelt wird, so werde weder das Gefäfs erweitert, noch trete die Luft aus dem Gefäfse heraus, um Platz für den Dampf zu schaffen, sondern der Raum, welcher der Ort für das Wasser und die Luft war, bleibe als adäquater Ort für den Dampf und die Luft. Auch nehme ein Atom im Dampfe ja gar keinen gröfseren Raum ein als im Wasser.[5] Nun überträgt Morin wieder seine Ansicht von der Identität des Raumes und der Materie auf Gassendis Physik, um ohne Rücksicht auf dessen entgegen-

[1] A. a. O. p. 8. — [2] A. a. O. p. 10. — [3] A. a. O. p. 11.
[4] A. a. O. p. 14. — [5] A. a. O. p. 15—17.

gesetzte Annahmen ihn zu bekämpfen, wenn dieser die verschiedene Dichte der Körper auf die Beimischung der leeren Räume zurückführt.[1] Gassendis fälschliche Ansichten von der Luft sollen daher stammen, daſs dieser die Erdbewegung annimmt. Als besonderer Fehler erscheint es Morin, daſs nach Gassendis Annahmen die Luft nicht in Wasser verwandelbar sei.[2] Gegen die gassendische Theorie der Auflösung wird gesagt, daſs das Wasser beim Auflösen sein Volumen entsprechend vergröſsere.[3] Für die bestimmten substanziellen Formen als Prinzipien der Dinge spreche im Gegensatz zu den Atomen, daſs es immer nur eine beschränkte Anzahl Arten gebe; warum gebe es z. B. bloſs sieben Metalle?[4] Und wenn das Wachstum durch die Nahrung auf der Aufnahme von Atomen beruhe, warum werde dabei die Art beibehalten? Die verschiedene Gestalt der Atome bei gleicher Stofflichkeit schlieſse übrigens schon ein, daſs die Atome selbst aus Materie und Form bestehen; also seien doch auch bei Gassendi Materie und Form die Prinzipien der Dinge.[5]

Diesen oberflächlichen Wortklügeleien, welche eine Widerlegung der Atomistik darstellen sollen, fügt nun Morin boshafte denunziatorische Angriffe hinzu. Er beschuldigt Gassendi, falsche Lehren gegen Gott und die Kirche vorgebracht zu haben.[6]

Schon in Gassendis Lehre, Gott habe die Atome geschaffen, sieht Morin einen Widerspruch gegen die heilige Schrift; denn Gott schuf im Anfang Himmel und Erde, und nicht das Chaos.[7] Eine offenbare Ketzerei aber will er darin finden, daſs Gassendi das katholische Dogma von der Koexistenz der Ewigkeit mit der Zeit bestreite. Gassendi behaupte, ein der Succession entbehrender Moment könne ebensowenig mit einem successiven Dinge koexistieren, als ein ausdehnungsloser Punkt mit der Linie. Man würde daher richtiger sagen, daſs wir mit Gott koexistieren, d. h. ein Teilchen der Dauer haben, in welcher Gott dauert. Dies sei aber ketzerisch,[8] weil es Gott einem

[1] A. a. O. p. 18. — [2] A. a. O. p. 19.
[3] A. a. O. p. 19. — [4] A. a. O. p. 20. — [5] A. a. O. p. 24.
[6] A. a. O. p. 26. — [7] A. a. O. p. 6.
[8] Über die theologischen Einwände von seiten der Lehre der Eucharistie s. 5. Buch, 1. Abschn. 2. Kap.

Accidens unterwirft, (denn es kämen dabei Gott neue Momente der Dauer zu) und weil es dann aufser Gott noch andre ewige Wesen gäbe.[1] — Gegen die Kirche aber fehle GASSENDI dadurch, dafs er die Astrologie bestreite und sie verboten wissen wolle, während doch das tridentinische Konzil die Astrologie gestatte. Übrigens werde seine (MORINS) *Astrologia Gallica* ähnliche Dunkelheiten (wie den Unglauben an die Astrologie) zerstreuen „gleichwie die Sonne, wie sich herausstellen wird, sobald sie wird herausgegeben worden sein.“[2]

Am Schlufs seines Pamphlets wendet sich MORIN noch gegen DESCARTES, welcher der Schöpfungsgeschichte widerspreche, die Bewegung der Erde lehre und sich auf Atome und das Leere stütze, da seine Atome nichts andres seien, als der reine ungeschaffene leere Raum, den er trotzdem zum einzigen Prinzip der physischen Dinge mache.[3]

Als ein Zeichen MORINscher Intelligenz mag hier aus dem Briefwechsel mit DESCARTES noch nachgetragen werden, dafs MORIN verlangt hatte, die Materie, welche die Lichtübertragung vermittle, solle selbst durchsichtig sein![4] So wenig hatte er einen Begriff von mechanischer Naturerklärung und der Bedeutung der Qualität. Das Einzige, was er vielleicht mit Recht gegen DESCARTES eingewendet hat, war, dafs er sagte, dieser komme mit seiner Ausfüllung der Poren ins Unendliche.

Den MORINschen Ausführungen brauchen wir nichts hinzuzufügen als den liebenswürdigen Zug seines Charakters, dafs er dem kränklichen GASSENDI für Ende Juli oder Anfang August 1650 aus astrologischen Gründen den Tod voraussagte, oder, wie er behauptet, nur, dafs sich jener dann in Todesgefahr befinden würde.

Die Gehässigkeit des MORINschen Angriffs erbitterte BERNIER so, dafs er für GASSENDI in einer Schrift antwortete, die allerdings an Zartheit des Tones dem Gegner nichts nachgibt. Es heifst darin: „Sag' an, o Dämon, welcher Teufel hat dich aus der Hölle losgelassen, dafs du mit solcher Wut gegen

---

[1] MORIN, *Diss. de atomis etc.* p. 26.
[2] A. a. O. p. 28.
[3] A. a. O. p. 31. Vgl. auch *Astrol. Gall.* p. 163, 164.
[4] *Oeuvr.* T. VII, p. 222. Brief vom 22. Febr. 1638.

einen so guten und frommen Mann“ (wie GASSENDI) „so gottlos, so frevelhaft und boshaft lostollst?“[1]

MORIN „bewaffnete“ darauf noch einmal „seine Maus vom Kopfe bis zum Schwanze“ und machte, wie er sagt, BERNIER ebenso lächerlich, wie GASSENDIS Philosophie jedes Christenmenschen unwürdig sei.[2] Es folgte noch von BERNIER eine Entgegnung: *Favilla ridiculi muris*, und von MORIN unter dem Namen VINCENTIUS PANURGUS eine *Epistola ad Morinum de tribus impostoribus* (nämlich GASSENDI, BERNIER und NEURAEUS), womit denn, wie MORIN behauptet, GASSENDI gründlich unterlegen sei.

GASSENDI waren persönlich derartige litterarische Balgereien höchst unangenehm; seinem Ruhme und seiner Sache haben sie nicht geschadet. Der Name der Gassendisten trat mit gleicher Achtung neben denjenigen der Cartesianer und bezeichnete eine der einflufsreichsten Richtungen der Naturphilosophie des 17. Jahrhunderts.

Fünfter Abschnitt.

Digby.

In demselben Jahre wie DESCARTES' *Principia* erschien in Paris ein englisches Werk[3] von Sir KENELM DIGBY (1603 bis 1665), welches ebenfalls eine Korpuskulartheorie vertritt. Es läfst sich dasselbe zwar weder mit DESCARTES' noch mit GASSENDIS Arbeiten an innerem Werte und an äufserer Wirkung ver-

---

[1] *Anatomia ridiculi muris, h. e. Dissertationis J. B. Morini, Astrologi, adversus expositam a P. Gassendo Philosophiam Epicuream.* Per FRANC. BERNARIUM Andegaviensem.

[2] *Astr. Gall.* p. 161.

[3] *A treatise of the nature of bodies*, Paris 1644. Mir liegt die lateinische Ausgabe vor, welche den Titel führt: *Demonstratio immortalitatis animae rationalis*, sive tractatus duo philosophici, in quorum priori natura et operationes corporum, in posteriori vero natura animae rationalis ad evincendam illius immortalitatem explicantur. Autore KENELMO EQUITE DIGBAEO, CAROLO PRIMO

gleichen, kann aber doch hier nicht mit Stillschweigen übergangen werden, weil DIGBY einerseits einen eigentümlichen Versuch vorlegt, ARISTOTELES und die Atomistik zu versöhnen, andrerseits von den Zeitgenossen in hoher Achtung neben GASSENDI und DESCARTES genannt wurde;[1] mit letzterem stand er auch in persönlichem Verkehr.

DIGBY will sich nicht mit der Art und Weise einverstanden erklären, wie bei den Neueren das schwierige Problem gelöst wird, die verschiedenen Grade der Dichtigkeit der Körper zu erklären. Die augenfälligste Eigenschaft (affectio) eines Körpers ist seine Quantität, Masse oder Gröſse. Diese aber ist nur angebbar durch Messung, d. h. dadurch, daſs Kleineres in einem Körper enthalten ist, sie ist also identisch mit der Ausdehnung und mit der Teilbarkeit.[2] Die Teile können indessen nicht *actu* im ganzen sein, sonst müſste das Ganze aus Unteilbaren zusammengesetzt sein; es kann dieses aber weder aus einer begrenzten, noch aus einer unbegrenzten Anzahl Unteilbarer bestehen.[3] Die Körper haben verschiedene Dichte und sind undurchdringlich, im dichteren Medium muſs also mehr Körper sein (conpressum et constipatum) als im dünneren.[4] Wie dies möglich sei, das ist die Frage, welche es zu lösen gilt.

Einige, unter ihnen der mit Recht hochgerühmte GALILEI, nahmen an, daſs die Dünnigkeit der Körper bloſs auf der Kleinheit ihrer Teile beruhe, und der Körper um so weniger dicht sei, je feiner die Teile sind. GALILEI zeigt (p. 90 *Dial. I de Motu*) daſs der Widerstand eines Mittels gegen die Bewegung eines darin herabsinkenden Körpers um so gröſser werde, je kleiner die Teile dieses Körpers sind, und schlieſst daraus, daſs die Körper um so (spezifisch) schwerer und dichter sind, je gröſser

---

Magnae Britanniae Regi a Secretiori Conclavi et in rebus maritimis Administratore Praecipuo etc. Ex Anglico in latinum versa operâ et studio J. L. Praemittitur huic lat. ed. praefatio metaphysica authore THOMA ANGLO. Francofurti secundum Exemplar Parisiense 1664. Der Widmungsbrief an den Sohn ist datiert vom 31. August 1644. Als Anhang: *Institutionum peripat.* ad mentem Summi viri etc. Kenelmi Equitis Digbaei *pars theoretica.*

[1] Vgl. GASSENDI, *Op.* I p. 217. — BRUCKER, T. V p. 620 f. — BAYLE, *Dict.* II p. 290. — MAJUS, H. *Phys. veteris novae Synopsis*, Franc. 1688. — LEIBNIZ, *M. Schr.* (GERHARDT) VI p. 47 u. a. *Ph. Schr.* IV p. 106 u. a.

[2] *Tract.* I p. I p. 10. — [3] A. a. O. p. 11—13.

[4] A. a. O. p. 18.

ihre Teile seien.[1] Soll aber die gröfsere oder geringere Dichte der Körper aus der gröfseren oder kleineren Masse ihrer Teile überhaupt erklärt werden, so setzt dies immer voraus, dafs die betreffenden Körper sich in einem leichteren Körper (als Mittel) bewegen. Wodurch ist nun dieser leichter? Wenn die Teile des Körpers dicht aneinandergedrängt sind, so hilft es nichts, dafs sie klein sind; wenn aber nicht, wodurch sollen die dann notwendig vorhandenen Zwischenräume ausgefüllt sein? Sagt man, durch einen leichteren Stoff, z. B. Luft, so geht die Frage ins Unendliche weiter. Sind aber die Stoffe an sich gleich dicht und blofs durch die Kleinheit der Teile unterschieden, so würde ein letzter Stoff, der keine Poren mehr hat, weil alle Teile doch gleich dicht aneinandergedrängt sind, so schwer wie der dichteste sein müssen.[2]

Will man die Hypothese der Beimischung des Vacuums gelten lassen, so ist es nicht nötig anzunehmen, dafs alle Körper Vacuum enthalten, sondern es genügt zur Erklärung der gröfseren oder geringeren Dichte der Körper die Annahme, dafs sie in ihren Poren mehr oder weniger Luft enthalten. Nur für einen Körper, den dünnsten, also wohl die Luft, ist es unerläfslich, seine gröfsere Leichtigkeit durch das Vacuum zu erklären. ARISTOTELES lehrt zwar, dafs die Bewegung im Vacuum unmöglich sei, dagegen wendet man jedoch ein, dies gelte nur von dem Vacuum im grofsen (coacervatum), in den Körpern nimmt man dagegen nur solche leere Zwischenräume an, welche kleiner als die Korpuskeln sind, so dafs diese sich immer berühren.[3] DIGBY wünschte sehr, dafs diese Hypothese ausreiche, denn die seinige ist viel schwerer verständlich, und er möchte doch gern, dafs sein Werk möglichst eben, leicht und von Schulausdrücken frei sei. Aber ihre Nachteile sind zu grofs. Nach GALILEI ist Wasser 400mal so schwer wie Luft, nach MARINUS GHETALDUS Gold 19mal so schwer wie Wasser, also Gold 7600mal so schwer wie Luft. Demnach müfsten, wenn die Unterschiede der Dichtigkeiten der Stoffe nur in der Beimischung des Leeren bestehen sollen, die Teilchen der Luft einen 7600fach gröfseren Raum einnehmen als die des Goldes; das aber würde zur Folge haben, dafs die Teilchen sich nicht mehr berühren können, weil

---

[1] A. a. O. p. 20, 21. — [2] A. a. O. p. 22. — [3] A. a. O. p. 23.

die Poren zu groſs werden; sie würden „fluitieren", zumal wenn man berücksichtigt, daſs doch im Golde auch schon Poren sein müssen.[1]

Die Betrachtung DIGBYS ist interessant sowohl wegen der Berücksichtigung quantitativer empirischer Verhältnisse, als auch weil sie zeigt, wie die Korpuskulartheorie der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts an der Vorstellung Anstoſs nimmt, daſs die Korpuskeln frei durcheinander fluctuieren; in der That scheint überall die Annahme, daſs die Teilchen sich berühren, stillschweigend vorausgesetzt zu sein; selbst GASSENDI vermeidet es, sich deutlich darüber auszusprechen.

DIGBY selbst versucht das Rätsel der Verdichtung durch eine Diskussion der Begriffe Quantität und Substanz zu lösen. Es gibt nur eine Substanz oder ein Wesen eines Dinges, nicht aber soviel verschiedene wirkliche Naturen, als wir an den Dingen erkennen; wohl aber gibt es so viel verschiedene formale Begriffe in unsrer Seele, als wir mit Hilfe der Sinne in den Dingen auffassen. Das metaphysische Ding ist daher ein verschiedenes, insofern es unter verschiedenen Gesichtspunkten erscheint, und hat dadurch die Fähigkeit mehreres zu sein.[2] Durch das Eintreten in den Intellekt bekommt das Ding seine Existenz als Einzelding.[3] Daher sind die Gröſse und die mit ihr identische Teilbarkeit nicht unveränderlich mit der Substanz ihrem Wesen nach verbunden, sondern mit derselben Substanz können verschiedene Grade der Quantität verbunden werden. Denn da Gröſse in Teilbarkeit besteht, so folgt, daſs das, was an einem Dinge nicht Gröſse ist, auch nicht teilbar ist, also für sich betrachtet jeder Quantität fähig, aber gegen jeden Grad derselben indifferent ist. Damit ist die Grundlage gewonnen zur Möglichkeit eines gröſseren oder kleineren Verhältnisses zwischen Substanz und Quantität (Ausdehnung).[4] Wenn einem Körper die Dichtigkeit des Wassers zukommt, so besitzt er ein kleineres Verhältnis der Quantität (Ausdehnung) zur Substanz, als ein solcher, welcher die Dichtigkeit der Luft hat, und ein gröſseres als ein Körper von der Dichtigkeit

[1] A. a. O. p. 23 f. — [2] A. a. O. p. 2.
[3] *Tract.* II c. I § 8. 9. p. 466, 467. Vgl. II S. 201.
[4] *Tract.* I p. 26.

des Goldes. Man mufs nämlich dabei zum Vergleiche das Verhältnis der gesamten Quantität der Welt zu einer gewissen gleichartigen Substanz zu Grunde legen.[1]

Hieraus ergibt sich die erste Teilung der Körper, welche darin besteht, dafs in ihnen die Quantität mit der Substanz zur Komposition der Körper zusammentrifft. Denn wenn der Körper definiert wird als das, was aus Teilen besteht, Quantität aber das ist, was Teile erteilt, und die erste Affektion der Quantität ist grösser oder kleiner zu sein, so mufs der erste Unterschied im „Teile haben" der sein, mehr oder weniger Teile zu haben.[2]

Dafs diese Voraussetzung der Physik metaphysischer Art ist, dürfe nicht befremden; denn auch alle andern Theorien der Materie, vor allen die Atomistik, bedürfen derartiger metaphysischer Grundlagen.[3] Eine reale Teilung und Trennbarkeit (vera (realis) divisibilitas) zwischen Quantität und Substanz mufs aber angenommen werden, weil wir sonst nicht verstehen könnten, wieso das Verhältnis der Quantität gröfser sei als das der Substanz und umgekehrt.[4]

Jetzt lassen sich die Grundeigenschaften der Körper untersuchen.[5] Dicht sind diejenigen Körper, in deren Teilung offenbare Schwierigkeit auftritt, dünn diejenigen, deren Widerstand die Sinne nicht unterscheiden. Die Natur der Dichtigkeit (Verdichtung, *densitas*) besteht darin, die Teile des Dichten sich zu nähern, zusammenzudrücken und zu vereinen, diejenige der Dünnigkeit (Verdünnung, *raritas*), darin, die Dinge zu zerstreuen und zur Teilung (Ausdehnung) zu disponieren. Erstere hemmt die Verschiebbarkeit der Teile, letztere fördert sie. Diese Begriffe sind sehr weit zu fassen, es besteht eine Fähigkeit zu unendlicher Varietät in Bezug auf das Mehr oder Minder in derselben Art. Mit den Grundeigenschaften der Dichtigkeit und Dünnigkeit[6] kombiniert sich die Schwere und erzeugt dadurch die übrigen Eigenschaften. Aus Verdichtung und Schwere entsteht Flüssigkeit (humiditas). Wenn die Schwere

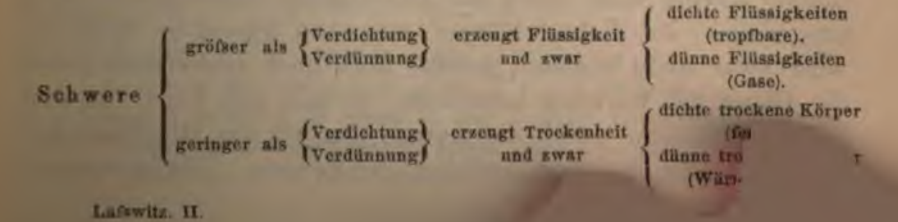
---

[1] A. a. O. p. 17. — [2] A. a. O. p. 28. — [3] A. a. O. p. 28.
[4] A. a. O. p. 30. — [5] Das Folgende a. a. O. c. 4 u. 5. p. 31 ff.
[6] Wir treffen vielleicht den Sinn besser, wenn wir von Verdichtungs und Verdünnungskraft sprechen.

die Verdichtung überwindet, so trennt sie die Teile des Dichten und drängt sie in Ermangelung eines Hindernisses bis an das Zentrum. Daher nehmen die Flüssigkeiten, sich selbst überlassen, Kugelgestalt an und besitzen die Fähigkeit, überall einzudringen.

Trockene Körper entstehen, wenn die Verdünnung die Schwere übertrifft. Jedoch können auch trockene Körper erzeugt werden, wenn die Verdichtung gröſser als die Schwere, und flüssige, wenn die Schwere gröſser als die Verdünnung ist. Bei den trockenen Körpern besteht jeder Teil für sich, und zwar jeder der kleinsten Teile, in welche sie geteilt werden können, weil ja die Verdünnung (das Trennungsvermögen) die Schwere überwiegt; wenn diese Teile nun mit groſser Gewalt gegen einen zusammengesetzten Körper getrieben werden, so können sie leicht in die Poren eindringen und somit die Trennung der Bestandteile bewirken. Das aber ist nichts anderes, als die aristotelische Definition der Wärme. Die sehr dünnen Körper sind daher trocken und warm; entsprechend erklärt sich, daſs die dichten Körper kalt sind, und zwar sollen die mäſsig dichten Körper die kältesten sein, weil solche ihre feineren Teile leichter in alle Poren eines Körpers hineinsenden und ihn dadurch zusammenziehen können; der dichteste Körper kann nicht der kälteste sein, weil die Kälte eine gewisse aktive Kraft ist, und dasjenige eine gröſsere Wirkungsfähigkeit entfaltet, was geringere Dichtigkeit besitzt. Das sehr Dichte ist trockener als das sehr Dünne, weil es seine Figur besser beibehält.

Es hat keinen Wert, die Verteilung der Eigenschaften an die Elemente, wie sie DIGBY versucht, näher zu verfolgen, da seine Unterscheidung von **Graden** in den Qualitäten doch gänzlich relativ bleibt und zu keiner wirklichen Maſsbestimmung gelangt. Man kann seine Angaben etwa in folgendem Schema zur Anschauung bringen.



Als Eigenschaften der Elemente ergeben sich für:

Feuer:	Sehr dünn,	sehr warm,	etwas trocken;	selbst leuchtend.
Luft:	Etwas dünn,	etwas warm,	sehr flüssig;	durchsichtig-unsichtbar.
Wasser:	Etwas dicht,	sehr kalt,	etwas flüssig;	durchsichtig-sichtbar.
Erde:	Sehr dicht,	etwas kalt,	sehr trocken;	undurchsichtig-sichtbar.

Die hier als Feuer, Luft, Wasser, Erde bezeichneten Körper sollen indessen nicht als irgendwo in der Natur real vorhanden betrachtet werden, sondern sie sind Fictionen, gewissermaſsen die Ideen der Elemente.

Es folgt nunmehr die Ableitung der Bewegung aus den Eigenschaften der Elemente. Die erste Thätigkeit der Elemente ist ihre Teilung, woraus die Ortsveränderung entsteht. Das Dünne ist leichter teilbar als das Dichte, weil es mehr Quantität, d. i. Teilbarkeit, enthält; es dringt daher in das Dichte ein, und das ist der Ursprung der Bewegung. Ortsbewegung ist also nur Veränderung der Relation, welche das Bewegliche zu den übrigen Teilen des Universums besitzt, entstanden durch die Teilung. Ort ist die Begrenzungsfläche andrer Körper; räumliche Bewegung ist diejenige Teilung, durch welche der Körper den Ort verändert. Um den Körper mit seinem Orte zu vereinigen, bedarf es nicht der „Entität", sondern die Quantität allein reicht aus. Alle Wirkungen der Körper bestehen nun in räumlicher Bewegung oder sind aus ihr abzuleiten.

Das wirkungsvollste Element ist das Feuer, weil seine Teilchen am leichtesten in seine Nahrung eindringen. Denken wir uns einen feurigen kugelförmigen Körper, so strömt das Feuer in allen Richtungen geradlinig vor. Seine Wirkung hängt davon ab, ob der Körper, in welchen es eindringt, Poren besitzt oder, wie die Elemente, ohne Poren ist. Hat der Körper Poren, so treibt das Feuer die in ihnen enthaltenen Korpuskeln heraus und sondert die Bestandteile; hat er keine Poren, so kommt es darauf an, ob der Körper dünn oder dicht ist. Ein dünner Körper wird durch den Andrang des Feuers geteilt, d. h. ausgedehnt; ein dichter Körper, wie etwa irgend ein Erdatom, wird zwar nicht sogleich geteilt, aber doch schlieſslich durch die Dauer der Wirkung beeinfluſst, so daſs sich Teile von ihm abreiben können durch die Gewalt der wie ein Gieſsbach auf ihn stürzenden kleineren Teilchen des Feuers. „Wenn wir aber

eines Atoms Erwähnung thun, so wird hoffentlich niemand glauben, daſs wir mit dieser Benennung irgend etwas absolut Unteilbares bezeichnen wollen, sondern nur die kleinsten Korpuskeln von dem, was sich in der Natur vorfindet."[1]

Durch die Auffassung der Qualitäten als Existenzen, welche nicht in den Körpern, sondern im wahrnehmenden Subjekt ihren Sitz haben, machen sich nach DIGBY die neueren Philosophen unnötige Schwierigkeiten infolge unzureichender Klarheit in den Begriffen der Substanz, Existenz und Subsistenz. Die Qualitäten sind nichts andres als gewisse Eigentümlichkeiten und besondere Kennzeichen, wodurch ein Ding sich vom andern unterscheidet. Sie kommen in der That den Körpern zu, werden aber nur vom Intellekt unterschieden.[2] Was der Intellekt Wärme nennt, ist am Feuer selbst nichts als seine eigene, bis zu einem gewissen Grade der Verdünnung gelangte Substanz, das kontinuierliche Vorströmen der Teile, die Gesamtwirkung der materiellen Bewegungen.[3]

Das Licht ist ein Körper; denn es wird reflektiert und gebrochen, es ist warm und macht warm, es ist Feuer, das durch auſserordentliche Verdünnung seinen eigentümlichen Zustand erlangt hat.[4] Wenn es verlischt, so vermischt es sich mit andren Elementen, geht auch wohl in solche über, oder wird zur Erzeugung von Wärme aufgespeichert.[5] Seine Bewegung ist nicht instantan, sondern nur sehr schnell.[6]

Jede Bewegung kann nur successiv erfolgen, niemals momentan. Aller Übergang ist kontinuierlich; bei genügender Zeit kann selbst das gröſste Gewicht durch die kleinste Kraft bewegt werden. Ein Gewicht durch eine Kraft bewegen, heiſst, es in bestimmter Zeit um eine bestimmte Strecke bewegen. Je kleiner die Kraft ist, um so gröſser wird bei gleichem Wege die Zeit sein müssen. Auch die Geschwindigkeit erleidet Veränderungen nur in kontinuierlicher Weise. GALILEI, dem man den gröſsten Teil der Kenntnis der Bewegung verdanke,[7] hat

[1] *Tract.* I p. 46. — [2] Vgl. II S. 201. — [3] *Tract.* I p. 49.
[4] A. a. O. p. 58. — [5] A. a. O. p. 62 — [6] A. a. O. p. 68.
[7] A. a. O. p. 85; p. 87 heiſst es von GALILEI: GALILAEUS, prodigium illud nostri aevi, cujus incredibili ingenii perspicacitati nihil usquam impenetrabile fuit vel impervium. P. 89 wird GASSENDI *De motu impresso* etc. citiert.

erläutert, in welchem Verhältnis der Zuwachs der Geschwindigkeit geschehe und welcher Grad der Geschwindigkeit einem bewegten Körper in bestimmtem Raumteile erteilt werde. Es gibt nur mechanische Bewegung von aufsen, durch Eindringen in ein Mittel, welches dadurch geteilt wird.[1] Daher sind alle Bewegungen in dieser Weise beschleunigte Bewegungen. Die Geschwindigkeit beruht nur auf der Wirkung des Mittels, mit dem Wachsen der Geschwindigkeit wächst dann der Widerstand des Mittels, so dafs infolge der Natur des Mittels ein höchster Grad der Geschwindigkeit erreicht wird, der nicht überschritten werden kann. Dieser Grad wird bei der Schwere derjenige sein, bei welchem (entsprechend der durchlaufenen Distanz) die fallenden Körper den gröfsten Stofs ausüben.[2]

Natürlich heifsen diejenigen Bewegungen, welche auf konstanten Ursachen und immer vorhandenen Bewegern beruhen. Eine solche bemerken wir im Fall der Körper. Es sind daher die Ursachen der konstanten Bewegung nach dem Zentrum der Erde und von diesem fort nach oben aufzusuchen. DIGBY entwickelt folgende Theorie der Gravitation. Die Strahlen der Sonne, d. h. die von ihr emittierten Atome, prallen von den Teilchen der Erde, die sie erwärmen, ab und reifsen Erdteilchen mit in die Höhe. Durch die Verbindung des Lichtes mit diesen kleinen Atomen entsteht nämlich Wärme. Die Verbindungen von Licht- und Erdatomen steigen in die Höhe, in gewisser Höhe trennt sich das Licht von den Atomen, die dadurch wieder verdichtet und von den leichteren überholt und herabgedrängt werden. Alle herabsteigenden Atome sind also dichter als die aufsteigenden; die dichtesten fallen am schnellsten, obwohl nicht proportional der Dichtigkeit. Die herabsteigenden Atome sind darum zu ihrer Bewegung gezwungen, weil fortwährend Atome durch das Licht in die Höhe gerissen werden und der dadurch leer werdende Raum ausgefüllt werden mufs. Ein dichterer Körper aber mufs zwischen den Strömen leichterer aufsteigender herabsteigen. Da nun die Reflexion der Lichtatome unter gleichem Winkel wie der Einfall geschieht, so bleibt die Mitte (das heifst die Richtung

---

[1] A. a. O. p. 85. — [2] A. a. O. p. 89, 90.

des Einfallslotes) am meisten frei, und daher müssen die Teilchen, welche die nach oben getriebenen ersetzen sollen, perpendikulär zur Oberfläche der Erde herbeiströmen. Dies geschieht auch noch während der Nacht, in welcher die am Tage hinaufgeschleuderten herabfallen und die früher herabgefallenen wieder vertreiben.[1]

Weiterhin wendet sich Digby gegen Galilei, indem er behauptet, daſs die schwereren Körper schneller fallen müſsten als die leichteren, weil Ursache und Effekt proportional sein müſsten. Auch gegen Galileis Pendelerklärung streitet er. Sein Irrtum entspringt daraus, daſs er der Unterscheidung Galileis zwischen Schwere als Gewicht und Schwere als Schwerkraft nicht zu folgen weiſs.

Die ganz feinen, schwermachenden Atome durchdringen alle Körper, es gibt keinen Körper, der nicht für sie durchdringlich wäre. Sie durchdringen jedoch einen Körper um so weniger gut, je dichter er ist, und darum treiben sie die dichteren Körper schneller zur Erde. Von dem Irrtum, daſs die beiseite gedrängten Teilchen des Mittels von hinten stoſsen, vermag sich jedoch Digby noch nicht frei zu machen.[2]

Die Schwere kann nicht als Qualität aufgefaſst werden; denn was heiſst bei einer Bewegung, sie gehe abwärts? Die Richtung müſste sich doch auf einen unbeweglichen Punkt des Vorstellungsraumes oder auf einen unbeweglichen, resp. beweglichen Punkt des Universums beziehen. Der Begriff eines nicht Seienden kann jedoch keine Wesenheit einer Qualität der Natur geben, einen unbeweglichen Punkt gibt es wahrscheinlich überhaupt nicht, sicherlich ist der Mittelpunkt der Erde kein solcher; der Schwerpunkt aber ist auch nicht fest, denn er ist abhängig von der Verteilung der Materie, und auf etwas so Wechselndes kann sich die Wesenheit einer Qualität nicht beziehen.[3] Die Schwere ist vielmehr nichts andres als die Kraft, durch welche die Körper nach ihrer Vereinigung im Zentrum streben, und somit die Verdichtungskraft (densitas) selbst, insofern sie aktiv auf die Teile des Körpers selbst wirkt.[4]

---

[1] A. a. O. p. 94—100. — [2] A. a. O. p. 101—112. — [3] A. a. O. p. 121.
[4] A. a. O. p. 119.

In der Frage nach der Beharrung der Bewegung eines geworfenen Körpers steht DIGBY noch auf vorgalileischem Standpunkte; er glaubt dieselbe aus der Wirkung des Mittels ableiten zu müssen und hält sich durch die Experimente MERSENNES für berechtigt anzunehmen, daſs GALILEIS Theorie der Erfahrung nicht entspreche.[1]

Die Wirkung der Körper ist eine doppelte, einerseits aufeinander, andrerseits auf die Sinne. Die Anzahl der existierenden Körper ist eine endliche, weil das Universum selbst endlich ist. Es muſs daher auch irgend einen kleinsten Körper geben, oder besser, irgend ein kleinstes Maſs der Körper. Die kleinsten Teile können aber nicht die der zusammengesetzten Körper (mixta) sein, sondern es sind diejenigen der Elemente, und von diesen wieder besitzt das Feuer die kleinsten Teilchen, weil es im höchsten Grade teilbar ist. *Actu* ist jedes Teilchen desselben eines, *potentia* aber ein mehrfaches, nämlich teilbar, weil es Gröſse hat; es können mehrere daraus werden.[2] Die Teilchen der übrigen Elemente besitzen eine Eigenschaft mehr, als diejenigen des Feuers, nämlich Verdichtung. Wie die Quantität bewirkt, daſs mehrere Teile *actu* Eins sind, so bewirkt die Verdichtung, daſs sie zusammenhängen. Daſs sie der Trennung widerstehen, ist also nicht eine Folge der Quantität (diese erzeugt nur Einheit), sondern der Verdichtung.[3]

Zwei harte Körperteilchen können sich nicht physisch berühren; von zwei Teilchen, die sich in einer Fläche berühren sollen, muſs wenigstens eines eine biegsame Oberfläche besitzen; denn die Luft zwischen den Begrenzungsflächen kann nicht auf einmal entweichen, was doch bei der Berührung zweier ausgedehnter starrer Flächen notwendig wäre. Nun erfordert aber Biegsamkeit oder Weichheit einen gewissen Grad von Flüssigkeit (humiditas). Daher ist Flüssigkeit eine für die Berührung notwendige Eigenschaft. Infolgedessen können sich flüssige Körper sehr leicht, weniger leicht ein flüssiger und ein fester, sehr schwer aber nur zwei feste Körper mit einander vereinen.[4]

---

[1] A. a. O. p. 124—128. — [2] A. a. O. p. 147. — [3] A. a. O. p. 148.
[4] A. a. O. p. 150—152.

Alle die verschiedenen Arten, wie die Elemente sich verbinden können, sind zurückzuführen auf die verschiedenen Grade in der Gröfse der Teile desjenigen Elementes, welches gerade die Verbindung eingeht, und auf die Zahl derselben. Denn andre Unterschiede können überhaupt gar nicht einmal erdacht werden, es sei denn etwa noch die Verschiedenheit der Gestalten. Aber es ist unmöglich, dafs den kleinsten Teilen der einzelnen Elemente eine bestimmte Figur zukäme.[1] Die Gestalt der Teilchen ist vielmehr zufällig. Die Gröfse bildet ihren wesentlichen Unterschied.

Wasser und Erde sind gleichsam die Basis aller dauernden Verbindungen, deren Eigenschaften sich nach dem Vorherrschen einzelner Elemente modifizieren. DIGBYS Spekulationen in dieser Hinsicht dürfen übergangen werden. Es gilt überall als Grundsatz, dafs Körper nur bei Berührung, niemals *in distans* wirken,[2] und dafs keine andre Kraft als Bewegung in den Naturerklärungen berücksichtigt werden darf.[3] Eigentümlich wegen ihrer molekularen Wendung ist die Erklärung der Lösungen in Flüssigkeiten. Nach DIGBY nimmt das Wasser nicht, wie GASSENDI wollte, die Salzteilchen in seine Poren auf, und die Erscheinung, dafs gesättigte Salzlösungen noch Salze andrer Art aufnehmen können, ist nicht aus der Gestalt der Poren zu erklären. Vielmehr macht ein Salz das Wasser zur Aufnahme eines andern fähig. Die Aufnahme geschieht so, dafs jedes Teilchen des Salzes je einem Teilchen des Wassers inkorporiert wird. Wenn bei allen Wasserteilchen dies geschehen ist, kann das Wasser keine Teilchen desselben Salzes mehr teilen, die Lösung ist daher gesättigt; wohl aber kann ein neues Salz von den Teilchen des vorhandenen Salzes geteilt und daher aufgenommen werden.[4]

Wenn man von einer Bewegung der Körper „zur Vermeidung des Vacuums“ spricht, so ist der Sinn dieser Ausdrucksweise nur der, dafs ein Unterbleiben der Bewegung einen Widerspruch zur notwendigen Folge haben würde. Ein Vacuum in der Natur ist nämlich ein Widerspruch; denn dafs ein Raum leer ist, hiefse, dafs er zugleich existiert und nicht existiert,

---

[1] A. a. O. p. 154. — [2] A. a. O. p. 175. — [3] A. a. O. p. 354.
[4] A. a. O. p. 195—197.

weil *vacuum* „nichts" ist.[1] Galilei irre, wenn er glaube, ein Instrument ausdenken zu können, um die Grenze des *horror vacui* zu messen.

Die elektrische Anziehung wird durch Ausströmungen, die sich wieder zurückziehen,[2] zu erklären gesucht und auch eine sehr komplizierte Theorie des Magnetismus dargelegt.[3] Indessen dürfen wir auf eine nähere Besprechung der speziellen Physik Digbys verzichten.

Zum Schlusse sei noch der Erkenntnistheorie Digbys mit einigen Worten gedacht, da sie dazu beiträgt, seinen Ausgangspunkt von dem Zusammensein und der Trennbarkeit der Grundeigenschaften Gröfse und Dichtigkeit aufzuklären. Die Wahrnehmung (sensatio) besteht in einer mechanischen Einwirkung der Körper auf das Gehirn, wobei die Sinnesorgane als Instrumente dienen. Durch diese gelangen materielle Ausströmungen der Körper durch Vermittelung der Spiritus in das Gehirn. Die Teilchen, welche als feste Körperchen zu denken sind, bleiben im Gehirn, wo sie sich in leeren Zellen einen Platz sichern und für gewöhnlich ruhen, aber, wenn sie durch äufsere oder innere Veranlassungen erregt werden, die ihnen eigentümlichen ursprünglichen Bewegungen wieder aufnehmen.[4] Hier beruft sich Digby auf Galilei, welcher annehme, dafs die Körper ihre Eigenbewegung behielten, wenn sie keinen äufseren Einflüssen unterliegen.[5] Es steht dies im Widerspruch zu seinen Ausführungen in der Mechanik, wo er die Erhaltung der fortschreitenden Bewegung auf das Mittel zurückführt; aber allerdings handelte es sich dort um eine in Digbys Sinne „gewaltsame", hier um eine „natürliche", dem Körper eigentümlich zukommende Bewegung. In jedem Falle hatte Digby den eigentlichen Sinn der galileischen Bewegungslehre nicht erfafst. Wie nun aber aus dem Eindringen der Körper in das Gehirn das Ergreifen derselben im Geiste entsteht, das bleibt eine ungelöste Frage. Die wahrgenommenen Dinge sind wirklich im Geiste, aber auf unkörperliche Weise. Wie und durch welchen Kunstgriff der Natur die Körper in Geist übergehen, das, gesteht Digby, könne er nicht befriedigend erklären; es

[1] A. a. O. p. 202. — [2] A. a. O. p. 219. — [3] A. a. O. p. 223 ff.
[4] A. a. O. p. 355 ff. — [5] A. a. O. p. 365.

finde eben statt, aber durch eine geheime und unbekannte Wirksamkeit der Seele.[1]

Die besonderen Eigenschaften der Dinge sind zwar in diesen gegeben, ihre Beziehung auf einander aber, ihre Vergleichung und ihre Existenz gewinnen sie erst in der vereinenden Kraft des menschlichen Geistes, durch die Apprehension desselben. Der Begriff der Existenz ist die eigentümliche Affektion des Menschen. Er ist der Quell der einfachen Apprehension, aus welchem alle Thätigkeit des Menschen fliefst. Die Einzeldinge existieren nur durch ihre Einlagerung in diesen Stamm der Existenz selbst. Der Mensch oder seine Seele ist gewissermafsen eine komparative Kraft, seine besonderen Begriffe sind allein die Beziehungen der einzelnen Dinge aufeinander. Was der Mensch denkt, verändert dadurch nicht seine eigene Natur; es wird nur mit jedem in den Intellekt eintretenden Dinge die Existenz verknüpft, und eben dadurch tritt es in den Intellekt ein. Die Existenz bringt keine neue Eigenschaft hinzu, aber das Sein der Einzeldinge, ihre Einheit und Ordnung besteht nirgends in Wirklichkeit (formaliter) als im menschlichen Intellekt.[2]

Man wird von diesen Ausführungen DIGBYS, welche offenbar auf nominalistischen Anregungen beruhen, nicht Kenntnis nehmen, ohne unwillkürlich an KANT erinnert zu werden, ja man wird vielleicht die Dunkelheit derselben für die uns gewohnte Denkweise nicht besser aufklären können als durch eine Deu-

---

[1] *Tract.* II p. 512, 513.

[2] *Tract.* II c. 1 p. 463—467. — § 8 p. 466: Prius est; quod *existentia* sive *ens* (cujus utriusque formalis notio in hoc quod est *esse* mere consistit) sit propria hominis affectio. Res enim quaelibet particularis in homine existit per quandam (ut ita dicam) sui insitionem in ipso *existentiae* sive *entis* trunco juxtaque experimur nihil a nobis loquendo exprimi, cui entis appellationem non tribuamus, nihil mente concipi quod sub entis notione non apprehendamus — § 9 p. 467: Quod vero intellectum hominis ingreditur proprios adhuc limites, propriamque naturam illic retinet, non obstante illius ad altiorem hunc statum assumptione: jungitur enim cuilibet rei illuc intranti *existentia*, cum (ut supra monuimus) nihil illuc nisi beneficio *existentiae* ingrediatur. Hic ergo quem supra diximus, existentiae truncus propriam cujuslibet surculi in eo insiti naturam fovet et conservat. Existentia quippe alteri addita notioni nullatenus eam mutat, sed tribuit ei esse quod erat: nam si mutaretur, nequaquem ei addita fuisset existentia.

tung in dem geklärteren Sinne kantischer Erkenntnistheorie, ohne dafs man deshalb in die noch unsicheren Versuche DIGBYs spätere Einsichten hineinzulegen braucht. Das Bewufstsein des Menschen ist es, welches nach DIGBY den Dingen, die als Wahrnehmungen vom Bewufstsein aufgenommen werden, durch die Begriffe Einheit, Ordnung und Dasein verleiht. Erst in der Synthesis des Bewufstseins gelangen die Dinge zur Existenz, indem sie unter Begriffe gebracht und mit einander, sowie mit dem erkennenden Geist in Beziehungen gesetzt werden.[1]

DIGBYs Theorie der Materie stellt in ihren Grundlagen ein berechtigtes Stadium der Entwickelung der Korpuskulartheorie dar. Denn sie versucht in ernstlicher Weise eine Objektivierung der sinnlichen Eigenschaften, welche die Raumerfüllung darbietet, durch eine Zurückführung derselben auf Begriffe. Aber trotz der Einsicht in den Zusammenhang der Begriffe in der Synthesis des Bewufstseins kommt DIGBY über die Grenzen des intellektuellen Rationalismus nicht hinaus. Unter seinen Begriffen geht ihm der sinnliche Inhalt verloren, weil er den Raum ganz in den Begriff der Quantität auflösen zu können glaubt. Ersetzt man den DIGBYschen Begriff der Quantität oder Ausdehnung durch den Raum als sinnliche Anschauungsform, und das, was er Substanz nennt, durch die raumerfüllende Materie, so gewinnt man eine Parallele zur kantischen Theorie der Materie, welche für den heutigen Leser zur Erläuterung beitragen kann. Denn die verschiedene Dichtigkeit der Materie ist erklärt als ein verschiedenes Verhältnis der Substanz zur Ausdehnung; bei KANT beruht die verschiedene Dichtigkeit der Materie auf dem verschiedenen Verhältnis der raumerfüllenden Materie zu dem von ihr eingenommenen Raume, d. h. es giebt bei KANT verschiedene Grade in der Intensität der Raumerfüllung, die sich sinnlich als raumerfüllende Kraft darstellen. Diese graduelle Abstufung in der Intensität der Raumerfüllung ist nichts anderes als der Begriff, nach welchem auch DIGBY ringt und den er zu gewinnen sucht. Dafs die Sub-

[1] Es wäre vielleicht eine für die Vorgeschichte der kritischen Philosophie wertvolle Arbeit, wenn sich jemand die Mühe nähme, die Erkenntnistheorie DIGBYs ausführlicher darzustellen, als es hier geschehen konnte, und sie im Zusammenhange der zeitgenössischen Philosophie sowie in ihrem etwaigen Einflusse auf die englische Philosophie zu untersuchen.

stanz zur Ausdehnung verschiedene Grade ihres Verhältnisses besitzen soll, ist der unzureichende Ausdruck für den Begriff der intensiven Gröfse, welche die in der Extension gegebenen sinnlichen Unterschiede der einzelnen Raumteile als raumerfüllende Kräfte objektivieren soll.

Auch noch ein weiterer Schritt bei Digby läfst sich durch den Vergleich mit Kant aufhellen, natürlich auch hier mit dem fundamentalen Unterschiede des intellektuellen Rationalismus vom kritischen Idealismus. Während Kant die Thatsache der Bewegung aus der sinnlichen Erfahrung entnimmt, glaubt Digby auch die Bewegung rational ableiten zu können. Aber wenn man davon absieht, so gewinnt das, was Digby als *densitas* und *raritas* bezeichnet, eine auffallende Analogie mit der „anziehenden" und „abstofsenden" Kraft der Materie, welche die Ursache aller Bewegung bei Kant ist. Denn Digby stellt sich unter Verdichtung und Verdünnung nicht einen Zustand, sondern ein Vermögen, physikalisch ausgedrückt eine Kraft, vor, Zusammenziehung und Erweiterung der Materie, d. h. Vergröfserung oder Verkleinerung des Verhältnisses der Substanz zur Ausdehnung, gröfsere oder geringere Intensität der Raumerfüllung hervorzurufen. Natürlich darf man in diesen Vergleichen nur soweit gehen, als sie dazu dienen können, die Digbyschen Vorstellungen durch uns geläufigere zu beleben, mehr soll damit nicht gesagt sein. Bei Kant kommt jedem Teil der Materie eine anziehende und eine abstofsende Kraft zu und er versucht in diesen Begriffen die Grundlagen der Galilei-Newtonschen Physik zu systematisieren. Digby verwendet seine Begriffe der zusammenziehenden und ausdehnenden Kraft zu einer mechanischen und korpuskulartheoretischen Begründung der aristotelischen Elementenlehre. Deswegen ist Digbys Theorie so höchst interessant, weil sie den gleichzeitigen Einflufs der alten und der neuen Physik zeigt; die *densitas* und *raritas* können ihre Verwandtschaft mit den substanziellen Formen nicht verleugnen, aber sie sind doch bereits vollständig mechanisch gedacht, nicht mehr als metaphysische, sondern als mechanische Potenzen. Es wird nicht ein unklarer und schwächlicher Eklekticismus versucht, einiges aus Aristoteles zu retten, andres aus Descartes und Galilei aufzunehmen, sondern Digby ist ein klarer

Kopf, der in der That die Begriffe der mechanischen Korpuskulartheorie metaphysisch so zu begründen gedenkt, daſs durch sie die im Zeitbewuſstsein noch so mächtigen aristotelischen Grundlagen der Physik neues Licht gewinnen und verwendbar werden. Er versuchte einen von seinen berühmten Zeitgenossen unabhängigen Weg, die Theorie der Materie zu begründen und die sinnlichen Qualitäten begrifflich auszudrücken, indem er die Erscheinungen der Körperwelt in den Begriffen der Quantität, Substanz, Verdichtungs- und Verdünnungskraft zu objektivieren strebte. Deswegen steht er neben Galilei, Descartes, Gassendi und Hobbes in der Reihe derjenigen, welche den philosophischen Ausbau der Korpuskulartheorie vollzogen, und gehört nicht wie Sennert u. a. bloſs zu den Erneuerern, die sich von den aristotelischen Begriffen noch nicht frei gemacht hatten. Wenn bei ihm auch die mechanische Vorstellungsweise noch unter der Nachwirkung des Formbegriffs leidet, so ist dies doch nur unwillkürlich der Fall, und wir finden dieselbe Schwäche bei Descartes, Gassendi u. a. Seine Tendenz ist entschieden mechanisch, oder genauer, sie neigt zur dynamischen Auffassung hin. Die substanziellen Formen spielen bei ihm nicht etwa eine Rolle neben den mechanischen Kräften, sondern die Naturerscheinungen beruhen auf mechanischen Vorgängen, und die Metaphysik hat nur den Beruf, diese mechanischen Begriffe aus der Natur des menschlichen Bewuſstseins in Verbindung mit den beobachteten Thatsachen abzuleiten.

Diese Deduktion geht von einer ihrem Charakter nach intensiven Gröſse, nämlich dem Grade der Raumerfüllung aus, den sie aus dem Zusammentreten von Quantität und Substanz herleitet, ein Gedanke, der offenbar die bisher versuchten Theorien der Materie in berechtigter Weise ergänzt. Die Substanz kann ihr Verhältnis zur Ausdehnung wechseln, sie kann mehr oder weniger Raum einnehmen. Aber diese Ausdrucksweise soll nicht etwa, wie bei Magnenus, nur zur Veranschaulichung einer sinnlichen Thatsache dienen, sie soll nicht die sinnliche Qualität der Ausdehnbarkeit und Zusammendrückbarkeit einfach auf die kleinsten Teile der Materie übertragen, sondern sie soll diese sinnliche Thatsache objektivieren, d. h. den Sinneseindruck ersetzen durch Begriffe. Und dies soll

nicht geschehen in der Weise des Aristoteles, bei welchem die Änderung des Grades der Raumerfüllung gedacht ist als ein Übergang von der Potenz zum Actus,[1] sondern mechanisch, durch Teilung der Materie. Die Möglichkeit, jene Begriffe, Quantität und Substanz, zu vereinigen zur Existenz des Körpers liegt darin, daſs dieselben an sich getrennt sind und ihre Verbindung erst in der Synthesis des menschlichen Bewuſstseins finden.

Ist es Digby so gelungen, die Materie durch graduelle Unterschiede in der Intensität der Raumerfüllung zu differenzieren, so vermag er doch nicht, dieses neu gewonnene dynamische Moment zu einer Theorie der Materie in konsequenter Weise zu verwerten, sondern der Begriff des Korpuskels gründet sich bei ihm auf die mechanische Teilung und Vermischung der Materien verschiedener Dichtigkeit. Die verdichtende und verdünnende Kraft treten nur auf mechanische Weise in Wechselwirkung. Es entsteht eine regelrechte kinetische Korpuskulartheorie, bei welcher die Partikeln bis zu einem gewissen kleinsten Grade teilbar sind und die Veränderungen der Körper durch Bewegungen der Korpuskeln in einem den Raum erfüllenden Mittel erklärt werden. Die Elemente werden in der That korpuskular und mechanisch, d. h. aus der Wirkung ihrer Teilchen, erklärt, und dadurch die Eigenschaften der Flüssigkeit und Trockenheit, Wärme und Kälte auf mechanische Vorstellungen gebracht. Seltsam ist dabei das unvermittelte Eintreten der Schwere, auf deren Verhältnis zu den verdichtenden oder verdünnenden Kräften die Aggregatzustände gegründet werden. Diese Schwere als allgemeine Eigenschaft der Körper wird nicht als Qualität, sondern als eine mechanische Bewegung von Digby angesehen.

Sie wird selbst auf die *Densitas* zurückgeführt und soll sich von dieser, der zusammenziehenden Kraft, nur so unterscheiden, wie eine aktive von einer passiven Eigenschaft. Betrachtet man einen Körper, insofern seine Teile auf sich selbst wirken und sich zusammenziehen, so ist derselbe schwer, die wirkende Kraft heiſst die Schwere; betrachtet man ihn dagegen, insofern er von den Teilen eines andern Körpers ge-

---

[1] Vgl. I S. 90 u. 112.

drückt wird, so heifst die wirkende Kraft derselben *Densitas*.[1] Die Ableitung der Aggregatzustände aus dem Wettstreit der Schwere und der verdichtenden Kraft kommt also darauf hinaus, in welchem Verhältnis die innere Spannung der Teile zu dem äufseren Drucke steht. *Densitas* ist nämlich der Widerstand der Teile gegen eine Trennung, d. h. gegen eine Verschiebung überhaupt, und insofern passiv; insofern er aber die Annäherung der Teile bewirkt, ist er aktiv. Wo nun diese aktive Kraft zur Wirkung kommt, indem sie den passiven Widerstand gegen die Verschiebung überwindet, da sind die Körper flüssig. Es handelt sich hier um eine Vermischung der Begriffe, welche wir als Kohäsion und Gravitation unterscheiden. DIGBY stellt sich die Sache so vor, dafs dieselbe Kraft, welche die Trennung der Teile verhindert, auch die Annäherung derselben bewirkt. Da aber eine solche Annäherung doch eine Verschiebung der Teile erfordert, so meint er, dafs bald der Widerstand gegen die Verschiebung, bald die annähernde Kraft überwiegen könne und setzt somit jene Kraft in einen Widerstreit mit sich selbst. Dieses Verhältnis klarzulegen dürfte wohl vergebliche Mühe sein, wenn man nicht DIGBY mehr unterlegen will, als er selbst ausspricht; denn offenbar müfste man erwarten, nicht die *Gravitas*, sondern die *Raritas* als gegenwirkende Kraft zu finden. Dies scheint aber nicht DIGBYs Meinung zu sein, und es ist ihm daher wohl nicht gelungen, durch seine Erklärung, wie er beabsichtigt, „den Dorn zu entfernen, welcher auf dem langen Wege seiner Abhandlung manchen arg gepeinigt haben mag.“[2] Der Grund zu dieser Unklarheit dürfte darin liegen, dafs die mechanische Wirksamkeit der „Dichtigkeit“ und „Dünnigkeit“ doch noch durch ihre Abstammung von den substanzialen Formen getrübt ist.

Als eine auszeichnende Eigentümlichkeit der DIGBYschen kinetischen Theorie der Materie ist zu erwähnen, dafs nur die Gröfse und Anzahl, nicht aber die Gestalt der Korpuskeln zur Erklärung der Phänomene herbeigezogen wird. Dadurch nähert sich dieselbe den Fluiditätstheorien, welche

---

[1] *Tract.* I p. 119, 120.
[2] *Tract.* I p. 119.

die Flüssigkeit oder Plasticität einer kontinuierlichen Materie als Grundphänomen voraussetzen.

Wir werden bei Hobbes eine solche Theorie kennen lernen, in welcher die verschiedenen Grade der Starrheit auf die inneren Bewegungen der flüssigen Materie zurückgeführt werden. Die Digbysche Theorie leitet dagegen die Starrheit und Flüssigkeit von den verdichtenden und verdünnenden Grundkräften ab. In Kant fanden diese Theorien ihre Vereinigung; bei ihm ist die Materie sowohl das Bewegliche im Raum als die Ursache der Raumerfüllung und Bewegung durch ihre anziehenden und zurückstofsenden Kräfte.

Sechster Abschnitt.

Hobbes.

1. Raum, Körper, Bewegung.

Thomas Hobbes (1588—1679)[1] hat wie kein andrer Philosoph vor Leibniz und Kant das Problem der Materie in seinen erkenntniskritischen Grundlagen erfafst. Er erweist sich hierin als der Schüler Galileis und führt, zwar nicht den Inhalt der physikalischen Erkenntnis, aber die Begründung der Physik als Wissenschaft um einen wesentlichen Schritt weiter.

„Galilei eröffnete uns zuerst die Eingangspforte zur gesamten Physik, das Wesen der Bewegung, so dafs über ihn hinaus das Zeitalter der Physik, wie mir scheint, gar nicht gerechnet

[1] Aufser den bekannten historischen Werken s. namentlich Schaller, I S. 80 ff. Baumann, S. 237 ff. Tönnies, *V. f. w. Ph.*, III u. IV. Natorp, *Descartes*, S. 139 ff. Robertson, *Hobbes*. Edinbourgh und London 1886. Darüber Tönnies, *Phil. Monatsh.* XXIII p. 287 ff. Gühne, *Über Hobbes naturwissenschaftl. Ansichten.* J. D. Dresden 1886. König, *Kausalprobl.* S. 156 ff. Die Ausgabe von Molesworth: Thomae Hobbes Malmesburiensis *Opera philosophica quae latine scripsit omnia*, Lond. 1839, wird mit *Op.*, *The english Works* mit *E. W.* bezeichnet.

werden kann."[1] Mit diesen Worten bezeichnet HOBBES im Widmungsbriefe seines naturphilosophischen Hauptwerkes zur Genüge die Grundrichtung seines Denkens: eine Wissenschaft der Physik ist nur möglich, insofern es gelingt, den Begriff der Bewegung zu bewältigen. Und diese Frage steht im Mittelpunkt des philosophischen Interesses, weil von ihr die Entscheidung über die Möglichkeit wissenschaftlicher Erkenntnis überhaupt abhängt.

Die Sicherheit des Wissens beruht nach HOBBES nicht auf dem Zeugnis der Sinne, sondern auf einem Verfahren des Denkens, welches sich allerdings immer nur auf Erscheinungen bezieht. Aber von diesen Erscheinungen gewinnen wir Erkenntnis, insofern wir Einblick gewinnen in ihre Ursachen und ihr Entstehen.[2] Ein Kreis ist von einer kreisartigen Figur sinnlich nicht zu unterscheiden; wenn wir aber die Erzeugung der Figur kennen, so wissen wir dadurch gewifs, ob wir einen Kreis vor uns haben.[3] Wissen heifst erkennen, welche Ursachen einem Dinge zukommen, was sie sind, worin sie haften, wozu sie führen und wie dies geschieht. Darum hängt die Möglichkeit der Wissenschaft und eines strengen Beweises ab von der Kenntnis der Ursachen. Diese ist aber nur möglich in solchen Disziplinen, „bei denen die Konstruktion ihres Gegenstandes in der Macht des Darstellers selbst liegt, welcher in seiner Demonstration lediglich die Konsequenzen aus seinen eigenen Operationen deduciert."[4] Nur insoweit wir die Gegenstände selbst auflösen und wieder zusammensetzen, erkennen wir dieselben mit Gewissheit; dieses Fortnehmen und Hinzufügen, Subtrahieren und Addieren, ist ein Rechnen, und in diesem Rechnen liegt das Wesen des Denkens. Was auf diese Weise, durch richtiges Denken, erkannt wird, das kann nicht falsch oder zweifelhaft sein.[5]

Philosophie reicht somit nur soweit, als die Eigenschaften der Dinge aus ihrer Erzeugung zu begreifen sind; alles, was eine derartige Konstruktion nicht zuläfst, ist von ihr auszuschliefsen; dahin gehört die Theologie, die politische und

---

[1] *Elem. phil.* Sect. I. *De corpore Op.* I. Epist. dedicat.
[2] *Op.* I p. 2, 3. [3] *Op.* I. p. 5. — [4] *E. W.* VII p. 183, 184.
[5] *Op.* I p. 10.

Naturgeschichte, sowie jede falsche oder nicht gut fundierte Theorie, z. B. die Astrologie.[1] Der Gegenstand oder die Materie der Philosophie ist dagegen jeder Körper, der in Bezug auf seine Erzeugung Gegenstand der Betrachtung werden kann. Insofern ist alle Wissenschaft Körperlehre.

Nun ist aber Geometrie fast die einzige genaue Wissenschaft.[2] Auch die Physik verdankt ihr alle ihre Fortschritte.[3] Daher wird alle Wissenschaft sich nur dann Erfolg versprechen dürfen, wenn es ihr gelingt, auf geometrische Prinzipien begründet zu werden.

Aus dieser erkenntnistheoretischen Zurückführung aller Erkenntnis der Dinge auf die Grundlagen der Geometrie ergibt sich, daſs die Bewegung der Körper im Raume das ursprüngliche Phänomen sein muſs, auf welches alle übrigen Erscheinungen sich reducieren lassen müssen, falls sie der wissenschaftlichen Behandlung unterliegen. Die streng kinetische Theorie, welche Hobbes aufstellt, findet demnach ihre Begründung und Rechtfertigung in dem allein zulässigen Gesichtspunkte der Möglichkeit der Wissenschaft überhaupt. Soll es Erkenntnis von Objekten geben, so müssen sie begrifflich konstruierbar sein; sollen sie konstruierbar sein, so müssen sie auf geometrischen Prinzipien beruhen; sollen sie auf geometrischen Prinzipien beruhen, so müssen sie als bewegte Körper im Raume darstellbar sein. Deswegen ist alles, was zu unserer Erfahrung gehört, der Erkenntnis nur zugänglich als mechanisch bewegte Körperwelt; und deswegen ist auch alles, was unser Bewuſstsein als Sinneswahrnehmung enthält, wissenschaftlich nur verwertbar, insofern es im Raume sich als Bewegung objektivieren läſst. In diesem Gegensatze heiſsen die Sinnesempfindungen subjektiv, aus demselben Grunde, aus welchem sie Galilei dafür erklärt hatte. In welcher Weise Hobbes sein Bestreben gelingt, haben wir nun zu betrachten.

Es muſs zunächst darauf ankommen, ein klares und festes Substrat der Bewegung begrifflich festzustellen, d. h. den Begriff des Körpers wissenschaftlich zu fundieren. Wie hängt der Körper mit dem Raume zusammen?

---

[1] *Op.* I p. 7. — [2] *De hom. Op.* III p. 26.
[3] *De cive*, Ep. dedic. *Op.* II p. 137. IV p. 289.

Denkt man sich alle Gegenstände und alles Geschehen aufgehoben, so bleibt nur noch die Vorstellung derselben, d. h. die Erinnerung an Gröſsen, Bewegungen, Farben, Töne u. dgl., sowie an ihre Ordnung und Teile zurück. Reflektiert man nun nicht auf die Beschaffenheit dieser Gegenstände, sondern nur darauf, daſs sie sich auſserhalb des Vorstellenden befinden, so behält man den Raum als reine Vorstellung (spatium imaginarium, merum phantasma). Der Raum ist daher die Vorstellung eines existierenden Dinges in Rücksicht auf sein bloſses Dasein, d. h. nur betrachtet, insofern es auſserhalb des Vorstellenden erscheint. Wie der ruhende Körper von seiner Ausdehnung, so läſst auch der bewegte Körper von seiner Bewegung eine Vorstellung in der Seele zurück. Diese Vorstellung, in Rücksicht auf das Früher oder Später, d. h. die Succession, welche wir in der Bewegung vorstellen, heiſst Zeit. Die Teilung von Raum und Zeit geschieht ebenfalls durch die Vorstellung, je nachdem wir die Betrachtung auf dieselben, als wieder in Raum und Zeit enthalten, richten. Kontinuierlich heiſsen Räume und Zeiten, welche einen Teil gemeinsam besitzen. Was geteilt wird, das wird in wiederum teilbare Teile geteilt; ein Minimum der Teilbarkeit gibt es nicht.[1]

Um nun in diesem Gebiete der Vorstellungen objektive Ursachen derselben zu konstituieren, nimmt HOBBES an, daſs etwas von unsrem Denken Unabhängiges existiert und mit einem Teile des vorgestellten Raumes zusammenfällt. Dies ist der Körper. Der Körper hat demnach einerseits Ausdehnung, andrerseits ist er an sich subsistierend, und, weil auſser uns subsistierend, besitzt er Existenz. Trotz seiner Unabhängigkeit von unsrer Existenz ist er doch als raumerfüllend unsrem Denken zugänglich. Der Körper selbst ist unvergänglich. Was an ihm sich wandelt, sind seine Accidentien, d. h. die Art und Weise, in welcher der Körper von uns aufgefaſst wird.[2]

Ein solches Accidens des Körpers ist seine Gröſse, d. h. seine Ausdehnung oder sein realer Raum; *Extensio corporis — magnitudo — spatium reale* sind gleichbedeutende Begriffe und gehören

[1] *Op.* I p. 81—89. [2] *Op.* I p. 92.

dem Körper unabhängig von unsrer Vorstellung unveränderlich an. Dagegen kann derselbe Körper bei unveränderlicher Gröfse zu verschiedenen Zeiten an verschiedenen Orten sein. Der Ort oder imaginäre Raum ist nur ein Accidens des vorgestellten Körpers innerhalb der Seele. Aufserhalb der Seele ist dieser Ort nichts, innerhalb ist die *magnitudo* nichts; wohl aber ist die Gröfse die Ursache unsrer Vorstellung des vom Körper erfüllten Raumes.

Die Gröfse des Körpers ist das einzige Accidens, welches unveränderlich und unvergänglich ist; alle übrigen Eigenschaften der Dinge wechseln, gehen unter und entstehen aufs neue; sie sind nur die verschiedenen Arten, unter denen die Körper uns erscheinen können und demnach verschiedene Benennungen erhalten. Die Accidentien wandern dabei nicht von einem Körper zum andren, sondern vergehen an dem einen Ort und werden neu an einem andren. Die Körper sind Sachen, aber nicht geworden; die Accidentien sind geworden, aber nicht Sachen.[1] In der Veränderung der Accidentien zeigen sich die Wirkungen der Körper. Veränderung tritt auf, wenn etwas unsern Sinnen anders erscheint als vorher. Diese Veränderungen sind Wirkungen im empfindenden Subjekt, welche ihre Ursache aufser uns haben, sie können sie also nur in den Körpern haben. Nun sind aber die Veränderungen sehr mannigfaltig, während die Körper als solche unveränderlich bleiben.[2] Demnach können diese Veränderungen nicht von den Körpern hervorgebracht werden, insofern sie Körper sind, sondern insofern sie Körper von bestimmter Art und Bewegung sind. Berücksichtigt man hierbei, dafs nach Hobbes wissenschaftliche Erkenntnis nur möglich ist, soweit Konstruktion nach geometrischen Begriffen reicht, so ergibt sich, dafs die Bewegung der Körper als einziges Erklärungsmittel für die sinnlichen Veränderungen übrig bleibt.[3] Es ist somit in der Substanzialität des für sich unveränderlich existierenden ausgedehnten Körpers eine Grundlage für die objektive Realität der Erscheinungen gefunden; es gibt etwas im Raume Subsistierendes, die *Magnitudo* des Körpers, an welchem das Accidens der Bewegung haften kann. Indessen ist mit dieser Setzung der

---

[1] *Op.* I p. 103, 104. — [2] *Op.* I p. 111, 107. — [3] Vgl. Natorp, S. 142.

raumerfüllenden Substanz der Übergang noch nicht gefunden zur sinnlichen Wirkung derselben. Der Begriff des Körpers stellt nur fest, daſs ein geometrisch bestimmbares Raumvolumen eine Einheit bildet, welche an verschiedenen Orten vorgestellt werden kann. Wie aber hängt die Thatsache der Empfindung mit diesem Körperbegriff zusammen? Das ist das Problem, welches die Bewegungslehre zu lösen hat und welches sich zunächst in der Frage ausspricht: Wie kann die Wirkung von Körpern aufeinander in Bezug auf Abänderung ihrer Bewegung begrifflich dargestellt werden?

Hierbei macht HOBBES vom Begriff der Kontinuität äuſserst fruchtbare Anwendung. Alle Bewegung ist kontinuierlich, sie besteht in dem kontinuierlichen Übergange vom Verlassen eines Ortes zu der Erreichung eines andren. Kontinuierlich ist sie darum, weil der Körper, so klein er auch sei, nicht auf einmal ganz aus seinem gesamten früheren Orte so austreten kann, daſs nicht noch immer ein Teil des Körpers sich in demjenigen Raumteile befinde, welcher beiden Orten, dem verlassenen und dem neu eingenommenen, gemeinsam ist.[1] Dies setzt natürlich voraus, daſs Bewegung nur in der Zeit geschieht, welche ja nichts andres ist, als die Vorstellung der Bewegung. Ruhe findet statt, sobald ein Körper irgend eine (aliquod) Zeit lang in ein und demselben Orte sich befindet. Ein bewegter Körper ist daher in keiner, auch noch so kurzen Zeit, an demselben Orte; d. h. in jedem Raumteile, in welchem Bewegung stattfindet, ist dieselbe zugleich als vergangen, als gegenwärtig und als zukünftig aufzufassen.

In diesen Sätzen drückt sich das Bemühen aus, die Auffassung der Bewegung, welche dieselbe durch das Denkmittel der Substanzialität im Zeitpunkte aufhebt, zu überwinden und den Verlauf der Bewegung als eines fortgesetzten Geschehens in jedem Zeitmomente im Denken beizubehalten. Dies ist nichts andres, als das auch von GALILEI angewendete Verfahren, welches wir als Denkmittel der Variabilität bezeichneten. Vorläufig aber ist nur von der Bewegung überhaupt als Ortsveränderung die Rede; es fragt sich, wie es gelingt, dieselbe durch mathematische Begriffe so zu definieren, daſs

[1] *Op.* I p. 97.

dieselben auch noch für den Zeitpunkt selbst Geltung behalten und für ein und denselben Zeitpunkt vergleichbar werden. Erst daraus kann sich der Übergang zur Dynamik ergeben.

Geschwindigkeit (velocitas) wird definiert als Potenz (potentia), insofern die Bewegung betrachtet wird in Rücksicht darauf, dafs der bewegte Körper in bestimmter Zeit eine bestimmte Strecke zurücklegen kann. Sind diese Strecken in gleichen Zeiten gleich grofs, so heifsen die verglichenen Bewegungen gleich schnell.[1]

Mit dieser Definition der Geschwindigkeit wird bereits der Begriff derselben von dem blofs phoronomischen und sinnlichen Verlaufe gelöst. Geschwindigkeit ist eine Qualität der Bewegung, welche keineswegs verschwindet, wenn die thatsächliche Bewegung, die Extension der Bahn, im Zeitpunkte aufgehoben wird; denn sie bezeichnet eine Eigenschaft des bewegten Körpers, eine gedachte Strecke in gedachter Zeit zurückzulegen, sie fällt also nicht fort mit der Abstraktion von der Extension.

Der Begriff der Bewegung ist jedoch mit dem Merkmale der Geschwindigkeit keineswegs erschöpft. *Motus* bedeutet nach HOBBES noch mehr. Ob ein oder zwei Pferde vor den Wagen gespannt sind, macht für die Geschwindigkeit nichts aus, aber gibt doch eine „gröfsere Bewegung". Das Beispiel trifft zwar mechanisch nicht recht zu, denn bei gleicher Belastung wird sich die Gröfse der Bewegung allerdings in der Gröfse der erreichbaren Geschwindigkeit aussprechen; aber HOBBES will nur damit erläutern, dafs bei verschiedener Belastung verschiedene Kräfte notwendig sind, um die gleiche Geschwindigkeit zu erzeugen. Er denkt bereits an den dynamischen Wert einer Bewegung, wenn auch dies bei seiner geometrischen Fassung nicht deutlich hervortritt. Die Gröfse der Bewegung hängt nach ihm nicht nur von der Geschwindigkeit, sondern auch von der Gröfse des bewegten Körpers ab. Die Geschwindigkeit ist zu beziehen auf jedes Teilchen des bewegten Körpers. Gleich grofs sind daher Bewegungen, wenn die Geschwindigkeit des einen bewegten Körpers für die ganze Gröfse desselben gerechnet gleich ist der ebenfalls

---

[1] *Op.* I p. 100, p. 176.

für die ganze Gröfse des andren gerechneten Geschwindigkeit.[1]

An diese Definitionen schliefst Hobbes eine Ableitung des Beharrungsgesetzes und des Satzes, dafs eine Abänderung der Bewegung nur durch die Bewegung eines angrenzenden Körpers veranlafst werden könne. Diese Ableitung darf man jedoch nur als den Versuch einer Erläuterung ansehen. Die Sätze selbst sind Prinzipien der Bewegungslehre, welche in den erkenntnistheoretischen Voraussetzungen des Hobbes liegen und sich darauf stützen, dafs nur Bewegung der Körper wissenschaftliche Erkennbarkeit liefert. Alle Bewegung mufs also in ihrem eigenen Wesen ihre Gesetzlichkeit tragen und ein objektives Gebiet darstellen, in welchem kein andrer Einflufs gilt als der von bewegten Körpern auf bewegte Körper. Diese prinzipielle Voraussetzung ist in jenen Sätzen ausgesprochen und mit der Substanzialität der Körpergröfse in Beziehung gebracht.

Um indessen für die Vergleichbarkeit der verschiedenen Bewegungen eine Grundlage zu erhalten, welche der substanziellen Konstanz der Körper entspricht, ohne doch das Kontinuum der Veränderung aufzuheben, werden nunmehr die festgestellten Bewegungsdefinitionen auf das unendlichkleine Zeitteilchen übertragen. Hiermit gewinnt Hobbes den vollen begrifflichen Inhalt der galileischen Mechanik.

2. Der Conatus.

Wenn die Bewegung nicht in ihrem endlichen Verlaufe, sondern im unendlichkleinen Raum- und Zeitteil betrachtet wird, so nennt sie Hobbes *Conatus* (*endeavour*).[2] Er gebraucht nicht den Ausdruck „unendlichklein“, aber der Sinn des *spatium et tempus minus quam quod datur* ist genau derselbe wie der des Raum- und Zeitelements in der Differenzialrechnung, *ds* und *dt*, und wie Benedetti und Galilei die Bewe-

---

[1] A. a. O. p. 176.

[2] *De corp. Op.* I p. 177. Primo, definiemus conatum esse motum per spatium et tempus minus quam quod datur, id est, determinatur, sive expositione vel numero assignatur, id est, per punctum.

gung auf den Zeitmoment bezogen hatten. Um den Ausdruck „Punkt" zu erläutern, fügt er hinzu: Zum Verständnis dieser Definition mufs man sich daran erinnern, dafs wir unter Punkt nicht dasjenige verstehen, was keine Gröfse hat, oder was auf keine Weise geteilt werden kann (denn dergleichen gibt es nicht in der Natur der Dinge), sondern das, dessen Gröfse nicht in Betracht kommt, d. i. von dem weder seine Gröfse noch seine Teile beim Beweise in Rechnung gezogen werden, so dafs der Punkt nicht für etwas Unteilbares, sondern für etwas Ungeteiltes gelten soll. Dasselbe gilt, wie für den Raumpunkt, auch für den Zeitpunkt (instans). Hierbei kommt HOBBES' klare Einsicht in die Relativität aller Gröfsenbeziehungen und den Charakter des Kontinuums zur vollen Geltung. Es gibt kein Gröfstes und kein Kleinstes, sondern über Grofs und Klein entscheidet die Art der jedesmaligen Untersuchung.[1] Was in dem einen Falle klein ist, kann in andrer Hinsicht als grofs betrachtet werden. Nicht die Ausdehnung, sondern die Einheitlichkeit ist bestimmend. Der Raum- und Zeitpunkt soll nicht das absolut Unteilbare bedeuten, sondern die E i n h e i t d e r S e t z u n g, welche notwendig ist, um ein Raum- oder Zeitindividuum in der Extension von Raum und Zeit zu bezeichnen; aber nicht so, dafs dasselbe dadurch aus dem Zusammenhange des Kontinuums gerissen wird, sondern nur so, dafs es als Glied in der Erzeugung des Kontinuums hervorgehoben wird. Diese Raum- und Zeitelemente haben allerdings kein Verhältnis zu den endlichen Raum- und Zeitteilen, und in dieser Hinsicht sind sie unendlichklein; aber untereinander haben sie sehr wohl ein Verhältnis. Wenn er von einem Verhältnis der *puncta verticalia* zweier Winkel spricht, so dürfte dies so zu verstehen sein, dafs das Verhältnis zweier gegen eine dritte Gerade geneigten Strecken zu ihrer Projektion auf diese Gerade auch dann noch bestehen bleibt, wenn die Strecken als unendlichklein betrachtet werden. Es ist dies der Gedanke, welcher in der Differenzialformel $ds : dx = \cos \alpha$ sich ausspricht.

In derselben Weise, in welcher unendlichkleine Raum- und Zeitteile untereinander ein endliches Verhältnis haben,

---

[1] Vgl. II S. 229. Anm. 2.

können nun nach HOBBES auch unendlichkleine Bewegungen verglichen werden. Verschiedene Conatus stehen in endlichen Verhältnissen zu einander, wenngleich sie zum endlichen Motus kein angebbares Verhältnis besitzen. Sowie Linien- und Zeitelement noch Linie und Zeit sind, nur ohne Extension betrachtet, so ist auch der Conatus noch Bewegung, aber so, daſs weder Weg noch Zeit derselben irgend einen Vergleich haben innerhalb des Beweises mit dem Raume oder der Zeit, von welchen besagte Raum- und Zeitelemente ein Teil sind. Bei in gleicher Zeit vor sich gehenden Bewegungen werden sich die Conatus derselben ebenso verhalten, wie die Geschwindigkeiten.[1]

Indessen ist der Conatus noch nicht ein mathematisch formulierter Begriff, sondern er dient nur zur Bezeichnung des Gesamtcharakters der Bewegungserscheinung im unendlichkleinen Zeitteil. Sowie man von der Bewegung in endlicher Zeit spricht, ohne daran Geschwindigkeit und Bewegungsgröſse zu unterscheiden, indem man nur den Vorgang überhaupt meint, so soll Conatus diesen Bewegungsvorgang für den Zeitmoment bezeichnen. Der Vorteil dieses Terminus besteht darin, daſs jetzt von der Extension des Bewegungsvorganges abstrahiert und doch die Qualität der Bewegung noch erhalten wird. Es kann demnach die virtuelle Bewegung oder die Tendenz zur Bewegung ganz ebenso behandelt werden, wie die extensiv in die Erscheinung tretende aktuelle Bewegung; sie ist wirklich Bewegung, nicht Ruhe. Auch wenn man die Ausdehnung fortdenkt, so wird doch das Prinzip der Veränderung nicht zugleich mit fortgedacht, sondern als Conatus im Begriffe festgehalten. Deswegen können nunmehr auch verschiedene Bewegungen auf denselben Raum- und Zeitpunkt bezogen und daher zusammengesetzt werden. Das ist ein unentbehrliches Erfordernis der Mechanik und die Bedingung der Entwickelung der modernen mathematischen Physik, die somit HOBBES klar erkannt hat.[2] Freilich erfordert der Begriff des Conatus nun eine mathematische Fassung; die unendlichkleine Bewegung muſs als mathematische Gröſse darstellbar

---

[1] *Op.* I p. 178.
[2] Diese Bedeutung des Conatus ist verkannt bei BAUMANN, I S. 293 f.

werden, um die Begründung wissenschaftlicher Dynamik zu ermöglichen. In der Ausführung dieser Absicht ist HOBBES nicht so glücklich gewesen, wie in der Klarheit, mit welcher er die Notwendigkeit einer derartigen begrifflichen Festlegung der Bewegung mit Hilfe der Vorstellung des Unendlichkleinen einsah. Erst LEIBNIZ und NEWTON führten seinen Gedanken aus.

Unter *Impetus* (quickness of motion) versteht er die Geschwindigkeit, betrachtet im Moment des Durchganges des bewegten Körpers durch den betrachteten Raumpunkt. Da Geschwindigkeit überhaupt schon definiert war als Potenz, einen bestimmten Weg in bestimmter Zeit zurückzulegen, so ist die Auszeichnung des Impetus als der Geschwindigkeit im Zeitpunkt anzusehen als der Versuch, die veränderliche Geschwindigkeit zu definieren, nämlich die Geschwindigkeit, insofern sie nicht für eine endliche Strecke, sondern nur für ein unendlichkleines Zeitteilchen als konstant betrachtet werden kann. Gleichzeitig liegt aber auch in der Bezeichnung von *velocitas* als *potentia* der Übergang zur Auffassung der Geschwindigkeit als Wirkungsfähigkeit, ein Mangel in der Trennung der mechanischen Begriffe, der nun im Gebrauch des Impetus hervortritt. Wenn HOBBES hinzusetzt: „Impetus ist nichts andres als die Gröfse oder Geschwindigkeit des Conatus selbst“, so stimmt eigentlich nur die letzte Bezeichnung mit seiner früheren Angabe. Denn er hatte gleich schnelle und gleich grofse Bewegungen als Geschwindigkeit und Bewegungsgröfse streng geschieden; beim Conatus, der im Moment betrachteten Bewegung, setzt er aber Geschwindigkeit und Quantität nebeneinander. Er verwendet nunmehr den Ausdruck Impetus ganz in dem Sinne, wie GALILEI den Begriff des Moments. *Momentum* nennt er dagegen die Bewegung nur, insofern sie betrachtet wird in Bezug auf den thatsächlichen Effekt, welchen der bewegende Körper auf den bewegten ausübt, und zwar versteht er darunter den Überschufs der Bewegung des bewegenden über den Conatus des widerstehenden Körpers. Impetus wird daher von HOBBES ganz im dynamischen Sinne gebraucht, enthält jedoch nicht in sich den Begriff der Gröfse des bewegten Körpers, sondern nur seine Geschwindigkeit. Insofern drückt er allerdings eine Intensität der Bewegung aus, aber dieselbe ist nicht dynamisch, sondern

nur phoronomisch fundiert. Hier verwischen sich ihm die Grenzen von Phoronomie und Dynamik. Impetus ist ihm eine unendlichkleine Bewegung, welche Wirkung auszuüben vermag; trotzdem hängt sie nur von der Geschwindigkeit, nicht von der Masse des Bewegten ab. Schon hierdurch sind die Unzuträglichkeiten bedingt, welche Hobbes verhinderten, in seiner Mechanik zu haltbaren Gesetzen zu gelangen, obwohl das Prinzip, die unendlichkleine Bewegung zu betrachten, von ihm richtig ergriffen war. Er erkannte nicht, daſs die Dynamik einer neuen Einheit (der Masse) auſser Raum und Zeit bedürfe. Seine weiteren Ausführungen bewegen sich in Untersuchungen über die Wirkung des Conatus und Impetus, so daſs der dynamische Charakter, den er denselben zuschreibt, im Grunde nicht berechtigt ist, oder wenigstens der mathematischen Begründung entbehrt, weil ein Maſs für die in Betracht kommende Masse fehlt. Die von ihm eingeführte „Gröſse der Bewegung" kommt beim Conatus nicht zu der zu erwartenden Geltung. Wo dies geschehen soll, findet sich wieder eine Unklarheit in der Definition, indem er sagt: „Kraft (vis, force) ist der Impetus, multipliziert, sei es mit sich, sei es mit der Gröſse des bewegenden Körpers, wodurch er mehr oder weniger auf den widerstehenden Körper wirkt."[1]

Von diesen Unklarheiten abgesehen, ist es ihm doch gelungen, eine Reihe von Betrachtungen anzustellen, die von theoretischem Werte sind, weil in ihnen das Prinzip der Kontinuität, das im Denkmittel der Variabilität liegt, zur Geltung kommt. Hier ist es von grundlegender Wichtigkeit für den kinetischen Charakter der Physik, daſs ihm Widerstand (resistentia) stets als Conatus, d. h. also als wirkliche Bewegung gilt. Widerstand heiſst derjenige Conatus, welcher bei der Berührung zweier bewegten Körper dem Conatus des andern entweder ganz oder teilweise entgegengesetzt ist.[2] Hierauf beruht der Druck der Körper aufeinander. Es ist also

---

[1] *Op.* I p. 179. *E. W.* I p. 212. Hobbes schreibt *sive—sive*(*either—or*); darin spricht sich der ganze Mangel seiner Mechanik aus. Dürfte man dies verstehen: „sowohl mit sich selbst als auch mit der Gröſse etc.", so wäre, da der Impetus die momentane Geschwindigkeit ist, das Leibnizsche Kraftmaſs gefunden gewesen.

[2] *Op.* I p. 178.

nicht die reale Ausdehnung oder *Magnitudo* des Körpers allein, welche ausreicht, Widerstand zu leisten und den Ort zu behaupten, d. h. die Ruhe für sich vermag keine Bewegung aufzuheben, es gehört dazu eine entgegengesetzte Bewegung. Allerdings erfüllt der Körper den Raum durch seine bloſse Existenz, d. h. es kommt ihm ein unveränderliches Volumen zu; aber diese bloſse Existenz besagt nichts über den Widerstand, der Körper muſs jeder andringenden Bewegung nachgeben, sobald er in Ruhe ist, und insofern hindert die Erfüllung des Raumes durch Körper die Bewegung nicht, wenn nur die Körper ruhende sind. Erst die Bewegung derselben liefert Hindernisse der Bewegung. Daher ist die Theorie der Materie bei HOBBES durchaus Kinetik.

Die Bewegung allein nimmt und gibt Bewegung. Ruhe bedeutet für einen Körper völlige Unfähigkeit zu jeder Wirkung, er kann weder eine Bewegung hemmen, noch eine solche hervorrufen, oder von selbst in Bewegung kommen. Aber er muſs auch durch jeden an ihn herantretenden bewegten Körper in Bewegung gesetzt werden, sei es ganz oder in einzelnen seiner Teile. Und hierbei gestattet HOBBES sein Kontinuitätsprinzip, bis auf unendlichkleine Antriebe zurückzugehen. Wenn ein bewegter Punkt mit noch so kleinem Impetus mit einem ruhenden Punkte zur Berühung gebracht wird, so muſs dieser dadurch bewegt werden. Denn es könnte überhaupt keine endliche Bewegung durch Vervielfältigung des Impetus entstehen, wenn nicht auch der kleinste Impetus doch schon Bewegung zu erzeugen vermöchte. Ingleichen muſs selbst der härteste Körper, falls er ruht, dem geringsten Anprall eines bewegten Punktes einigermaſsen nachgeben. Es gibt keine absolut harten Körper.[1]

Da nach dem Beharrungsgesetze eine Bewegung so lange dauert, bis sie durch eine entgegengesetzte Bewegung aufgehoben wird, so folgt auch, daſs ein Körper, welcher von einem andren in Bewegung gesetzt worden ist, keineswegs seine Bewegung verliert, wenn die des bewegenden Körpers aufhört. Ebensowenig darf das Wegräumen eines Bewegungshindernisses als Ursache einer Bewegung angesehen werden.

---

[1] *Op.* I p. 179, 180.

Jeder Conatus schliefst den Begriff der Richtung ein; er ist Bewegung, und insofern kommt ihm die Richtung zu, welche der bewegte Körper in dem Augenblicke hat, welcher gerade in Betracht kommt. Indem man einen Punkt der Bewegung als Conatus fixiert, wird weder die Richtung noch die Geschwindigkeit der Bewegung aufgehoben, wohl aber die Beziehung verschiedener Conatus auf denselben Punkt möglich. Daher werden Conatus ebenso zusammengesetzt wie endliche Bewegungen, und es ist gerade, wie schon gesagt, der fundamentale Fortschritt der hobbesischen Betrachtungsweise, dafs sie die Zusammensetzung der Bewegungsantriebe gestattet. Wirken zwei Conatus zusammen und wird der eine aufgehoben, so bestimmt der andre die Bewegung, so, wenn ein umgeschwungener Körper in der Tangente des Kreises fortfliegt, sobald die feste Verbindung mit dem Mittelpunkt aufhört.[1]

Die Fortpflanzung eines Conatus findet, er mag stark oder schwach sein, unter allen Umständen bis ins Unendliche statt. Nimmt man ein Vacuum an, in dem er sich fortpflanzt, so versteht sich dies von selbst, weil es daselbst keinen Widerstand der Bewegung gibt; aber auch im Vollen mufs diese Fortpflanzung ins Unendliche stattfinden, und zwar mit unveränderlicher Richtung und Geschwindigkeit, indem zunächst der benachbarte Teil bewegt wird und dieser den Conatus bis ins Unendliche von Teil zu Teil weitergiebt. Diese Fortpflanzung geschieht auf jede Entfernung in einem Augenblick (instantan). Dabei thut es nichts zur Sache, dafs der Conatus beim Vorschreiten immer schwächer wird, so dafs er endlich unter die Grenzen des Sinnlichwahrnehmbaren hinabsinkt. Deswegen kann er doch noch Bewegung sein; „wir aber handeln hier nicht von der sinnlichen Erfahrung, sondern von der rationalen Erkenntnis der Dinge.“[2]

In dieser Anwendung des Begriffs Conatus sind offenbar verschiedene Bedenken aufzuhellen. Zunächst scheint nicht klar, was es bedeuten soll, der Conatus pflanze sich abgelöst von der aktuellen Bewegung eines Körpers instantan ins Unendliche fort. Denn Conatus war doch nichts andres als die Bewegung eines Körpers oder Punktes, insofern dieselbe im

---

[1] *Op.* I p. 182. — [2] *Op.* I p. 183.

Zeitmoment betrachtet wird. Dem bewegten Körper kommt eine endliche Geschwindigkeit zu, und der Wert derselben, den sie in einem bestimmten Punkte hatte, hieſs Impetus. Soll denn nun die Bewegung wieder noch eine andre und zwar unendliche Geschwindigkeit haben, auſser derjenigen des bewegten Substrats? Liegt nicht hier eine stillschweigende Verschiebung des Begriffs vor? Der Conatus wird jetzt gedacht als die im bewegten Körper liegende Wirkungsfähigkeit, insofern sie nicht als kinetische Energie die aktuelle Bewegung des Körpers selbst unterhält, sondern insofern sie auf einen andren, widerstehenden Körper übertragen wird. Es wird also ein Widerstand vorausgesetzt, welcher den Transport des bewegten Körpers hemmt, und es wird angenommen, daſs die Bewegung (der Conatus) sich in einem andren Substrate fortpflanzt. Wie aber ist eine solche Fortpflanzung durch den leeren Raum denkbar, bei welchem doch kein Widerstand vorhanden ist, also weder eine Ursache der Hemmung des die Bewegung tragenden Körpers, noch ein Substrat als weiterer Träger der Bewegung?

Bei der Fortpflanzung des Conatus im erfüllten Raum läſst sich zwar verstehen, daſs bei auftretendem Widerstande der Conatus allmählich geschwächt wird, bis unter die Grenzen des Wahrnehmbaren hinab. Aber dies setzt voraus, daſs die entgegenstehenden Körper bewegt sind, und demnach den Conatus allmählich schwächen. Denn ein ruhender Körper kann keine Bewegung aufhalten, und in einem ruhenden Mittel müſste der Conatus sich somit ungeschwächt fortpflanzen. Sind aber die Teile des Mittels bewegt, so wird man geneigt sein zu erwidern, daſs dann eine Fortpflanzung des Conatus bis auf jede Entfernung keinen Sinn hat. Denn Bewegung kann durch gleich groſse und entgegengesetzte Bewegung aufgehoben werden. Es müſste also auch möglich sein, daſs der Conatus auf seinem Wege durch entgegengesetzte Bewegungen annulliert und nicht bloſs successive geschwächt wird. Es scheint, als habe sich für HOBBES die Geschwindigkeit im Moment, indem er sie als Conatus von der Extension der Bewegung löste, unter der Hand in der That in eine Art selbständiges Wesen verwandelt, welches seinen Weg von Teilchen zu Teilchen fortsetzt. Statt des bewegten Körpers pflanzt sich jetzt die

Tendenz zur Bewegung fort. Hier ist zu beachten, daſs der Conatus nicht bloſs eine Tendenz, sondern eine wirkliche Bewegung, aber freilich keine endliche, sondern eine Bewegung im Zeitmoment bedeuten soll, die nur darum „Strebung“ heiſst, weil sie nicht sinnlich wahrnehmbar ist. Für das Denken ist sie Bewegung. Der Conatus soll derselbe sein, gleichviel ob dem „Strebenden“ etwas widersteht, oder nicht; denn „Streben“ (conari) ist einfach gleichbedeutend mit „Fortschreiten“ (ire). Wenn dem Conatus ein entgegengesetzter Conatus widersteht, so heiſsen beide *Nixus*.[1]

Dadurch wird der Begriff des Conatus erst verständlich. Bewegungen können sich gegenseitig hemmen; bewegte Körper können zur Ruhe kommen durch Widerstände, denn Bewegungen finden in der Zeit statt, und Ruhe tritt ein, wenn in einer endlichen Zeit kein Weg zurückgelegt wird. Aber wenn auch die sich begegnenden Körper sich aufhalten, so werden die Conatus dadurch nicht vernichtet, sondern nur die Bewegung als endliche. Der Conatus dagegen ist die Bewegung auf unendlichkleiner Strecke. Diese schreitet fort, und zwar von Teil zu Teil, ohne endliche Zeit, von welcher ja abstrahiert ist. Die „Strebungen“ durchsetzen alle Körper, auch wenn an ihren Teilen keine sinnliche Bewegung wahrnehmbar ist. Aber die Bewegung der Teile soll darum nicht aufgehoben sein, sie ist nur unendlichklein geworden; sie ist nicht mehr sinnlich, sondern intelligibel; sie ist nur eine Bewegung für das Denken, im Begriffe. Die Ablösung des bloſs Rationalen in der Bewegung als Conatus von der sinnlich ausgedehnten Bewegung als Motus erklärt, wie Hobbes auf seine Theorie von der selbstständigen Fortpflanzung des Conatus kommen konnte. Sie soll den Uebergang ermöglichen von der sichtbaren Bewegung, welche als Transport der Massen bekannt ist, zu der Fortpflanzung von Wirkungen, welche ohne sinnlich wahrnehmbare Bewegung stattfindet. Licht, Schall und Druck sind solche sinnlich gegebene Wirkungen, denen keine wahrnehmbare Bewegung der Teilchen des Mittels, durch welche sie sich fortpflanzen, entspricht. Auf Bewegungen aber müssen sie zurückgeführt werden können, das ist eine Forderung der methodischen Grundlage

[1] *Op.* I p. 271, 272.

der Naturwissenschaft; folglich ist es berechtigt und durchaus in der Richtung des methodischen Fortgangs des physikalischen Denkens, wenn die Bewegungen, welche für das Denken notwendig, den Sinnen aber nicht gegeben sind, als unendlichklein im Begriffe fundiert werden.

Auch Hobbes nahm, wie Galilei, seinen Ausgangspunkt und seine Terminologie von der sinnlichen Erfahrung der Andrangsempfindung. Die Bewegung, welche sinnlich gehemmt wird, indem wir dem bewegten Körper einen Teil des eigenen Körpers entgegenstemmen, wird wahrgenommen als ein Streben, ein Conatus. Dieser Conatus mufs Bewegung sein, denn nur Bewegung ist wirksam. Durch unsren wie durch andre Körper pflanzt sich die Bewegung fort in der Gestalt eines Druckes. Dieses Fortpflanzen des Druckes geschieht instantan. Daraus entsteht die Vorstellung, dafs der Conatus sich im Augenblick fortpflanzt. Das sind die sinnlichen Data. Um sie wissenschaftlich zu gestalten, dient nun der Begriff der im unendlichkleinen Zeit- und Raumteil betrachteten Bewegung. Was bleibt übrig, wenn man von dem Fortschreiten des Körpers im Raum abstrahiert? Die Tendenz des Fortschreitens, sinnlich wahrnehmbar als Druck; daher ist Druck begrifflich zu fassen als Bewegung durch eine unendlichkleine Extension. Das Intensive ist auf extensiv vergleichbare Gröfsen mit Hilfe des Unendlichkleinen zurückgeführt. Was als Druckkraft auftritt, wird begriffen als Wirkung der Bewegung von Teilchen, welche jedes nur eine unendlichkleine Strecke durchlaufen, d. h. keine endliche Bewegung haben und doch eine endliche Geschwindigkeit aufeinander kontinuierlich zu übertragen vermögen.

Es ist das dieselbe Art und Weise, in welcher man sich die Fortpflanzung des Druckes in Flüssigkeiten denkt, ein notwendiger Gedanke für jede mathematische Physik, aber freilich nicht ausreichend für eine wissenschaftliche Theorie der Materie. Der Conatus ist der Versuch zur Objektivierung der Druckempfindung.

Gegenüber dieser Fortpflanzung der Bewegung durch die Körper ohne sichtbare Bewegung ihrer Teile steht nun die Bewegung ganzer Körper in endlicher Zeit. Als die Gröfse der Geschwindigkeit, welche ein in endlicher Zeit bewegter Körper besitzt, erklärt Hobbes die Summe der Impetus sämtlicher Zeit-

momente, in denen die Bewegung statthatte.[1] Er repräsentiert dieselben geometrisch durch den Inhalt eines Parallelogramms, wenn die Geschwindigkeit konstant war, oder eines Dreiecks, wenn die Bewegung mit gleichmäfsiger Beschleunigung von der Ruhe ausging. Der hier vollzogene Vorgang des Denkens entspricht einer Integration, welche jedoch nicht etwa eine Summation von Bewegungsantrieben, sondern nur den thatsächlich durchlaufenen Weg liefert.

3. Die Fluiditätstheorie der Materie.

Es liegt in der Natur der Auffassung, von welcher Hobbes bei der Raumerfüllung ausgeht, dafs nicht in der Bewegung der Massen als individueller Körper, sondern in der Fortpflanzung der Bewegung in einem den Raum stetig ausfüllenden Mittel der Schwerpunkt seiner Bewegungslehre zu suchen ist. Deswegen mufste er den Übergang der Bewegungsantriebe von Teil zu Teil im Kontinuum begrifflich zu erfassen streben, um denselben ebenfalls den Bewegungsgesetzen unterwerfen zu können. Gemäfs des bei ihm überall hervortretenden Kontinuitätsprinzips kennt er beim starren Körper keine Atome, von denen er als Träger der Bewegung ausgeht. Alle Teile der Körper sind untereinander verschiebbar, aber sie sind nicht, wie bei Descartes, Splitter einer ursprünglich starren Materie, sondern sie stellen in ihrer Gesamtheit eine Flüssigkeit dar. Deswegen kehrt sich bei ihm zum ersten Male das Problem der Korpuskulartheorie um in das Problem der Fluiditätstheorie. Descartes und die Korpuskulartheorie geht von der Existenz fester Körperchen aus und hat aus ihnen zu erklären, wie Verschiebbarkeit und Flüssigkeit der Materie möglich ist. Hobbes setzt die Fluidität und Verschiebbarkeit der Teile des materiell erfüllten Kontinuums als ein Urphänomen voraus und hat nunmehr die Aufgabe zu lösen: Wie sind starre Körper möglich? Im Grunde genommen ist dies freilich nichts andres als die Verzichtleistung auf eine einheitliche Aufhellung des Körperproblems überhaupt. Es ist die Überlastung des

[1] *Op.* I p. 184.

Denkmittels der Variabilität, d. h. derjenigen Bewuſstseinsart, welche das Kontinuum erzeugt; diese soll allein zur Grundlegung der Physik ausreichen. Das aber ist ebenso unmöglich, wie der Versuch der individuellen Atomistik, allein mit Hilfe des starren Substanzialitätsbegriffs die Physik zu fundieren. Von hieraus findet man keinen Übergang zu der Wechselwirkung, von dortaus keinen zur Beharrlichkeit der Körper.

HOBBES geht nun zunächst von der sinnlichen Thatsache der harten und weichen Körper aus, indem er sie im kinetischen Sinne mit Hilfe der Bewegung zu definieren sucht. Hart heiſsen die Körper, von denen kein Teil einem bewegenden Körper gegenüber leicht weicht, auſser unter Bewegung des ganzen Körpers. Wenn dagegen die Körper als ganze unbewegt bleiben, während ihre Teile einem Anstoſse leicht nachgeben, so heiſsen sie flüssig oder weich. Hart, weich und flüssig sind nicht generell, sondern nur graduell verschiedene Eigenschaften, zwischen denen es kontinuierliche Übergänge gibt.[1]

Zwischen den Graden des Harten und Weichen stehen die biegsamen oder zähen Körper (lenta). Es sind diejenigen, welche sich biegen lassen und dabei ganz bleiben. Jede Biegsamkeit beruht auf einer Annäherung oder Entfernung der äuſseren Punkte. Findet dieselbe an einer Oberfläche statt, so entsteht Zusammenziehung, resp. Ausdehnung. Ausdehnung und Zusammenziehung, wie jede Flexion überhaupt, setzen notwendig ein Hinzutreten der inneren Teile des Körpers zu den äuſseren voraus, resp. ein Zurückweichen von auſsen. Nur auf diese Weise kann eine Erweiterung der Oberfläche, also eine Ausdehnung des Körpers entstehen.[2] Eine Ausdehnung nach erfolgter Zusammendrückung muſs auf einer den inneren Teilen des Körpers erteilten und in diesen zurückbleibenden Bewegung beruhen. Jedoch muſs ursprünglich jede Bewegung von auſsenher mitgeteilt werden, von innen kann sie in einem Körper nicht entstehen, da sie immer von einem benachbarten bewegten Körper ausgehen muſs.

Eine solche Mitteilung kann nur durch Stoſs geschehen; es ist daher auch jeder Zug im Grunde auf einen Stoſs zurück-

[1] *Op.* I p. 272. — [2] *Op.* I p. 279, 280.

zuführen. Hierbei ist es nicht notwendig, dafs, wenn ein harter Körper von einem andern harten an einer einzelnen Stelle mit grofser Kraft gestofsen wird, alle Teile des gestofsenen Körpers gleich schnell zurückweichen; sondern da auch bei dem harten Körper die Teile immerhin noch verschiebbar bleiben, so werden die zunächst getroffenen schneller weichen als die benachbarten.[1] Die Gröfse der Wirksamkeit beim Stofse ist abhängig sowohl von der Geschwindigkeit als von der Gröfse des bewegten Körpers, weil beim Zusammentreffen zunächst nur die Bewegungen der sich treffenden Teile sich ausgleichen, im gröfseren Körper also ein Überschufs verbleibt.[2] Dafs die Wirkung des Stofses und die des Gewichts eines ruhenden Körpers nicht miteinander verglichen werden können, will Hobbes darauf zurückführen, dafs die Geschwindigkeit, welche beim Stofse wirkt, durch eine Linie repräsentiert wird, also eine Gröfse von einer Dimension ist, das Gewicht aber durch die dreidimensionale Gröfse der Ausdehnung des Körpers gemessen wird.[3]

Der Druck der Körper, welcher immer Fortpflanzung der Bewegung von Teil zu Teil ist, bewirkt auch immer eine Bewegung der Körperteile, d. h. eine Gestaltänderung der Körper. Eine Flüssigkeit, welche auf eine andre drückt und sich frei bewegen kann, breitet sich nach den Seiten aus.[4] Aber auch bei festen Körpern mufs, wenn sie aneinander geprefst werden, eine seitliche Deformation auftreten, die zwar nicht immer wahrnehmbar, aber denknotwendig ist. Wenn dagegen zwei Flüssigkeiten in einem Gefäfse eingeschlossen sind, so dafs sie nicht seitlich entweichen können, und aufeinander drücken, so durchdringen sie sich gegenseitig. Hierzu ist nicht nötig, dafs sie, um ihre Lage zu wechseln, sich bis auf die kleinsten Teile mischen, sondern es genügt, dafs die leichter teilbare zwischen ihren Teilen Öffnungen erschliefst, durch welche die andre hindurchfliefst.[5] Diese Anschauung hat Hobbes dazu gedient, den Torricellischen Versuch auf seine Weise zu erklären, indem er annimmt, dafs beim Umkehren der Röhre die Luft das Quecksilber durch-

[1] *Op.* I p. 282. — [2] *Op.* I p. 183. — [3] *Op.* I p. 282. — [4] *Op.* I p. 272.
[5] *Op.* I p. 273.

dringt und den oberen Teil der Röhre erfüllt. Er hat auf diese Weise stets die Existenz eines Vacuums im Barometer bestritten.

Einen leeren Raum kann HOBBES unter keinen Umständen zugeben. Experimentell stützt er sich darauf, daſs Wasser aus einem Gefäſse mit kleiner Öffnung nicht ausflieſst, wie es doch seiner Schwere nach müſste, wenn nicht die Luft durch eine andre Öffnung Zutritt erhält; die Ursache könne also nur darin liegen, daſs ein Vacuum nicht entstehen kann.[1] Ferner auf den Versuch, daſs zwei polierte ebene Platten ihrer Trennung auf einmal groſsen Widerstand entgegensetzen, während sie nach und nach leicht durch Verschiebung voneinander abgezogen werden können. Der Grund könne auch hier nur darin liegen, daſs bei der Losreiſsung auf einmal, bei welcher die Luft nicht schnell genug nachströmen kann, vorübergehend ein Vacuum entstehen müſste.[2] Er sieht sich daher genötigt, sowohl das Vacuum im Barometer als im Rezipienten der Luftpumpe zu bestreiten und die Versuche der Physiker auf andre Weise zu erklären. Daſs das Quecksilber nicht vollständig ausflieſst, sondern in bestimmter Höhe stehen bleibt, will er darauf zurückführen, daſs es der Durchdringung durch die (von unten nach oben in der Röhre strömenden) Luft einen gewissen Widerstand entgegensetze. Sobald das Gleichgewicht zwischen dem Conatus des Quecksilbers nach unten und dem Widerstande der hinauf- und hindurchdrängenden Luft erreicht ist, bleibt das Quecksilber stehen.[3] Auch die Experimente mit der Luftpumpe erklärt HOBBES alle dadurch, daſs er annimmt, es entstehe im Rezipienten fortwährend ein sehr heftiger Wind durch das Eindringen äuſserer Luft; er sucht zu zeigen, wie eine solche heftige Strömung die beobachteten Erscheinungen, das Sterben von Tieren u. dgl., hervorbringen könne.[4]

Das gewöhnliche Motiv zur Einführung des Vacuums, um nämlich die Bewegung zu ermöglichen, ist für HOBBES nicht vorhanden, da ruhende Körper jedem Bewegungsandrange nachgeben, die Bewegung also nicht aufhalten. Die Körper können einander ausweichen. Endlich aber pflanzt sich ja der Bewegungsantrieb, wie oben dargelegt, auch durch den erfüllten

[1] *Op.* I p. 338. — [2] *Problemata de vacuo. Op.* IV p. 317.
[3] *Op.* I p. 343, 344. — [4] *Op.* IV p. 332 f.

Raum fort. Die Argumente des EPIKUR für das Vacuum und die Atome erklärt er als nicht stichhaltig.[1] Daſs es sich bei der Atomistik darum handelt, die Möglichkeit der Trennung und Verschiebbarkeit von Körperteilen überhaupt durch die Setzung einer ursprünglichen Zusammenhanglosigkeit und Selbständigkeit derselben zu erklären, das ist ein Gedanke, für welchen HOBBES nicht zugänglich ist; die Fluidität der Materie ist für ihn, wie gesagt, kein Problem, sondern eine ursprüngliche Thatsache. „Es ist möglich, das Flüssige aufzufassen als seiner Natur nach in gleicher Weise homogen, wie es das Atom oder das Vacuum selbst ist."[1] Alles Flüssige ist immer teilbar in ebenso Flüssiges, wie Quantitas in Quantitäten und Weiches von jedem Grade in Weiches von demselben Grade. Das Harte ist nur dem Grade nach vom Flüssigen unterschieden, und dieses in jedem seiner Teile seiner Natur nach von gleichartiger Flüssigkeit.[2]

Demnach gelangt HOBBES zur Aufstellung folgender Hypothesen behufs Erklärung der Naturerscheinungen. Er setzt zuerst voraus einen unermeſslichen Raum, welchen man die Welt nennt, gebildet (aggregatum) aus festen und sichtbaren Körpern, der Erde und den Gestirnen, sowie aus unsichtbaren, äuſserst kleinen Atomen, welche durch die Zwischenräume der Erde und Gestirne verstreut sind, und endlich aus einem höchst flüssigen Äther, der jeden Ort im Universum, welcher irgendwo übrig ist, so ausfüllt, daſs kein leerer Raum übrig bleibt.

Er nimmt ferner mit COPPERNIKUS eine feste Ordnung der Planeten um die Sonne an; nicht nur der Sonne, sondern auch der Erde und den übrigen Planeten kommt eine einfache Kreisbewegung zu, von gleicher Dauer wie ihr Wesen. Unter den Äther sind einige Körper gemischt, welche nicht flüssig sind, aber so klein, daſs sie nicht wahrgenommen werden können; auch sie besitzen eine einfache Eigenbewegung und sind von verschiedener Härte und Konsistenz. „Mit KEPLER" nimmt er an, daſs der Abstand der Erde von der Sonne sich zu der des Mondes von der Erde verhalte, wie der letztere zum Halbmesser der Erde. In Bezug auf die Abstände und Umlaufszeiten der Körper werde er solche Voraussetzungen machen,

---

[1] *Op.* I p. 340.
[2] *Op.* I p. 347.

s zur Erklärung der Phänomene am tauglichsten erscheinen erden.[1]

4. Die spezielle Physik bei Hobbes.

Wir kommen nun zu den Versuchen des Hobbes, in der eziellen Physik einige Erklärungen zu geben. Es handelt ch hier darum, solche Veränderungen in der Körperwelt ausdig zu machen, welche durch Übertragung auf unseren genen Körper und die dadurch entstehende Rückwirkung e Verschiedenheit der sinnlichen Empfindungen als beruhend f einer Verschiedenheit von Bewegungsvorgängen aufzufassen statten. Hierzu bedarf es der Annahme der Intersi- alien.

Die Intersidalien bestehen *ex hypothesi* in einem äuſserst issigen Äther und in Körpern, deren Teile eine gewisse Kosion besitzen. Von letzteren gibt es harte und weiche in len Graden und allen Gröſsen, die meisten sind indessen unssprechlich klein. Da die Gröſse durch den Verstand ohne renzen teilbar ist, so wird auch der allmächtige Schöpfer des niversums *actu* jeden denkbaren Teil abtrennen können. Um e Kleinheit der Körper zu verdeutlichen, erinnert Hobbes an s vielgebrauchte Beispiel kleinster Organismen, deren Kleineit durch die Fortschritte der Mikroskopie in immer noch underbarerer Weise enthüllt werden dürfte.[2] Ebenso staunenswert ist die Unermeſslichkeit der Gröſse, welche sich in er Entfernung der Fixsterne offenbart. Was wir für groſs ler klein erklären, ist durchaus relativ, eine Grenze ist hierei nicht abzusehen. „Aber wie klein auch irgend Körper in mögen, wir werden ihre Gröſse nicht geringer ansetzen, ls die Erscheinungen selbst erfordern.“[3] Ebenso haben wir eies Feld für unsere Annahmen in Bezug auf die Bewengen und Geschwindigkeiten, sowie die Mannigfaltigkeit r Körpergestalten, indem hierbei nur die Erklärbarkeit der türlichen Ursachen entscheidend sein darf. In Bezug auf n reinen Äther, gleichsam die *prima materia*, nimmt Hobbes ı, daſs ihm auſser der Bewegung, welche er von darin

[1] *Op.* I p. 348. — [2] Vgl. I S. 407, 438, 446. II S. 148.
[3] *Op.* I p. 362—364.

schwimmenden nicht flüssigen Körpern hat, keine andre zukommt.

Da sich somit HOBBES in noch freierer Weise als DESCARTES sämtlicher Erklärungsmittel der Korpuskulartheorie bemächtigt hat, so wird man von seinen Aufstellungen in der speziellen Physik einen wissenschaftlichen Gewinn für die Aufhellung des Körperproblems kaum erwarten dürfen. Atome will er zwar nicht anerkennen, aber kleine Körperchen gebraucht er nach Belieben. Über ihre Figuren verfügt er willkürlich, jedoch sind sie auch zugleich von jeder wünschenswerten Härte oder Weichheit. Dazu kommt noch ein unbestimmt gelassener Äther. Man sieht, daſs hier die Fluiditätstheorie nicht ohne die Korpuskulartheorie auskommen kann, daſs somit die Prinzipien einer rationellen Theorie der Materie sich selbst aufgeben. Wir können uns daher im Übrigen kurz fassen und brauchen nur dasjenige hervorzuheben, was für die Anwendung der Bewegungslehre von Wichtigkeit ist. Denn wenn einmal Fluidität als Urphänomen vorausgesetzt ist, so muſs sich das Interesse der Physik darauf konzentrieren, aus den Bewegungen der Flüssigkeit die Erscheinungen der Körperwelt abzuleiten. Insofern zeigt allerdings die Physik des HOBBES eine Richtung an, in welcher späterhin die mathematische Physik mit auſserordentlichem Erfolge vorging.

Das Licht der Sonne entsteht dadurch, daſs durch die Drehung derselben der Äther zurückgeschleudert wird und der Druck desselben sich bis zum Innersten des Sehorgans fortpflanzt. Von hier kehrt der Conatus nach der Netzhaut zurück. Dieses Streben nach auſsenhin ist dasselbe, was wir Licht oder die Vorstellung des Hellen nennen: denn Vorstellung ist es deswegen, weil das Objekt hell heiſst. Das Sonnenlicht wird von Wärme begleitet. Die Wärme kennen wir in uns selbst als Empfindung, in andern Dingen aber erkennen wir sie durch Überlegung. Warm sein und erwärmen sind zu unterscheiden. Das Feuer erwärmt, aber es ist nicht warm, ebenso wie es Schmerz verursacht, aber nicht empfindet.[1]

Wenn ein Körper sich in einer Flüssigkeit mit einfacher Kreisbewegung bewegt, so sammelt er die homogenen Teile

[1] *Op.* I p. 364, 365.

an einer Stelle, die heterogenen zerstreut er und versetzt sie in unablässige, durcheinanderflutende Bewegung. Diese fortwährende Ortsveränderung der Teilchen heifst Fermentation.[1] Eine derartige Fermentation bringt nun die von der Drehung der Sonne ausgehende Bewegung in den Luftteilchen hervor. Dadurch ändern die letzteren ihren Ort fortwährend, und dies geschieht auch an der Oberfläche der menschlichen und tierischen Körper. Daher müssen, um zur Vermeidung eines Vacuums die durch die Fermentation frei werdenden Stellen auszufüllen, fortwährend Teilchen aus den Körpern der Organismen entweichen und von innen her ersetzt werden. So entsteht ein Nachaufsenstreben der Teile und ein Anschwellen des Körpers, welches der Erwärmung durch die Sonne entspricht.[2] Die Erscheinung des Feuers, bei welchem zugleich die Vorstellung des Warmen und des Leuchtenden hervorgerufen wird, sowie die verschiedenen Arten der Wärmeerzeugung, werden immer zurückgeführt auf ein Hervordrängen und Heraustreten von Körperteilchen nach aufsen, also auf eine centrifugale Bewegung, wobei HOBBES, wie z. B. bei der Erklärung der Pulverwirkung,[3] reichlich von korpuskularen Hypothesen über die Gestalt der Körperteilchen Gebrauch macht. Das Licht unterscheidet sich von der Wärme dadurch, dafs das erstere in einer Fortpflanzung des Conatus ohne merkliche Bewegung des Mittels in gerader Linie besteht, während die Wärme auf der allseitigen Ortsveränderung (Fermentation) der Teilchen beruht. Farbe ist Licht, das von einer gestörten Bewegung erzeugt worden ist.[4]

Wie die Wärme auf einer nach aufsen gerichteten, so beruht die Kälte auf einer nach innen gerichteten Bewegung der Teilchen. Es erklärt dies die Zusammenziehung durch die Kälte. Auch die Kälte an den Polen der Erde soll dadurch erklärt werden, dafs die Luft, welche unter dem Einflufs der Sonne in den Tropen sich nach den Seiten ausdehnt, nach den Polen vorrückt und sich dort, je kleiner die Parallelkreise werden, umsomehr zusammendrängt.[5] Frieren heifst überhaupt bewirken, dafs die äufseren Teile eines Körpers von

[1] *Op.* I p. 263, 264, 365, 366. — [2] *Op.* I p. 366. — [3] *Op.* I p. 373.
[4] *Op.* I p. 374. — [5] *Op.* I p. 383.

aufsen nach innen streben. Die bekannte Frage nach dem warmen und kalten Atem läfst sich HOBBES ebenfalls nicht entgehen. Der Atem besitzt nämlich eine direkte (fortschreitende) Bewegung nach aufsen und eine innere einfache der Teilchen, welche der Wärmeerregung entspricht. Bei sanftem Aushauchen mit offenem Munde wiegt die letztere vor, bei heftigerem Blasen mit geschlossenem Munde dagegen die erstere, welche die Teilchen der vorgehaltenen Hand vor sich her, d. h. gegen das Innere der Hand hintreibt, somit eine abkühlende Wirkung hervorbringt.[1]

Während das Sehen auf der Fortpflanzung des Conatus im Mittel — wobei Durchsichtigkeit die Homogenität der Körper voraussetzt — ohne merkliche Bewegung der Teile desselben beruht, während also hier HOBBES eine Bewegung der Teilchen denkt, welche allerdings keine schwingende ist, aber doch mit ihr das Gemeinsame hat, dafs die Gesamtbewegung ohne Lageveränderung der Teile des Mediums fortschreitet, gründet er das Hören auf eine Bewegung des Mittels, welche Stofs ist. Auch hier entsteht die subjektive Gehörsempfindung, d. h. die Vorstellung des Tones, von der Reaktion des Centralorgans auf den durch das Gehörorgan bis dahin geleiteten Stofs. Jedoch vergleicht er das Fortschreiten und die Schwächung des Schalls in freier Luft mit der Ausbreitung der Wellenringe in stehendem Wasser, in welches ein Stein geworfen worden.[2] Dagegen beruht nach HOBBES der Geruch wieder auf einer Fortpflanzung der Bewegung durch das Mittel ohne fortschreitende Bewegung der Teile; die Teilchen des riechenden Körpers haben eine einfache, unsichtbare Bewegung, welche sich dem Mittel mitteilt und bis an das Geruchsorgan dringt; es findet k e i n e Aussendung von Atomen oder von einem feinen Äther, keinerlei Ausflufs statt, weil dadurch weder die lange anhaltende Wirkung noch die Verschiedenheit und Fortpflanzung der Gerüche sich erklären lasse.[3] Der Geschmack endlich beruht auf unmittelbarer Berührung der Zunge und des Gaumens durch die Körper, wobei die Verschiedenheit des Geschmacks vielleicht auf die Mannigfaltigkeit der Gestalten und Bewegungen der Teilchen zurückzuführen sein dürfte.[4]

[1] *Op.* I p. 380. Vgl. I S. 471. II S. 76. S. 160 f.
[2] *Op.* I p. 396, 397. — [3] *Op.* I p. 409, 410. — [4] *Op.* I p. 411, 412.

Das Organ des Tastsinns ist die Haut. Durch dieselbe nehmen wir Warmes und Kaltes auch aus der Entfernung, das Harte, Weiche, Rauhe, Glatte aber nur durch unmittelbare Berührung wahr. Als von gröſserer oder geringerer Härte wird das empfunden, was einen Druck ausübt. Die Empfindung des Rauhen ist nichts andres als zahllose Empfindungen des Harten, die sich in den kürzesten Raum- und Zeitintervallen folgen. Daher gehört zur Wahrnehmung derselben, wie zu der des Glatten, der Gröſse und der Gestalt, nicht nur Berührung, sondern auch Gedächtnis.[1] Das Harte war definiert worden als dasjenige, von welchem kein Teil ohne Bewegung des Ganzen bewegt werden kann. Wir erkennen daher das für hart, wovon wir einen Teil für sich bei der Berührung vergebens zu verschieben suchen. Was weich oder flüssig ist, kann somit nur dadurch hart werden, daſs seine Teile eine Bewegung besitzen, vermöge deren sie die Bewegung eines beliebigen einzelnen Teils durch gemeinsamen Widerstand verhindern.[2] Eine derartige Bewegung ist zu denken als eine hin- und hergehende (reciprocatio) in äuſserst engem Raum, also als eine Schwingung. Je schneller diese innere Bewegung der Teilchen ist und in je kürzerer Bahn sie stattfindet, um so härter ist der Körper.[3] Denn um so mehr Kraft gehört dazu, einem Teil eine Bewegung zu erteilen, durch welche diese innere lebhafte Bewegung überwunden würde. Die Härte der verschiedenen festen Körper und ihre verschiedenen Grade, d. h. die innere Bewegung ihrer Teile, kann ihren Ursprung in sehr verschiedenen Ursachen haben.[4] Immer wird damit ein Zusammendrängen der Teile des erstarrenden Körpers verbunden sein. So soll das Gefrieren des Wassers auf einer Gegenwirkung von Luftströmen, welche das Wasser heben, gegen das Streben desselben nach dem Erdzentrum herrühren, wodurch eine Zusammendrückung der Wasserteilchen und eine Zusammenballung zu Haufen entstehe. Die dabei mit eingeschlossenen Luftteilchen bewirken, daſs das Eis leichter ist als Wasser. Da die hin- und hergehende innere Bewegung der Teilchen keine endliche zu sein braucht, sondern in dem bloſsen Conatus besteht, so ergibt sich ein sehr reiches Feld der Hypothese. Bei dem

[1] *Op.* I p. 412. — [2] *Op.* I p. 383. — [3] *Op.* IV p. 334. — [4] *Op.* I p. 384 ff.

Stahl wird z. B. jener innere Conatus durch das Hämmern, während er glühend ist, hervorgebracht. Es erklärt sich daraus auch die Elasticität der Körper, indem der innere Conatus seine ursprüngliche Richtung immer wieder herzustellen sucht. Hobbes macht von diesen Hypothesen eine Anwendung zur Erklärung des Zerstäubens der Glasthränen, deren Zerspringen er mit dem Zurückspringen eines gespannten Bogens vergleicht, wenn die Sehne zerschnitten wird.[1]

Hier haben wir den Versuch einer kinetischen Theorie der Festigkeit der Körper. Wenn man bedenkt, dafs damit eine vollständige Umkehrung des überlieferten Problems vorliegt, indem die Festigkeit der Körper auf eine sinnlich nicht wahrnehmbare innere Bewegung der Teilchen der ursprünglichen Flüssigkeit zurückgeführt wird, so wird man der hobbesischen Theorie Genialität nicht absprechen können. Bei Descartes war der ruhende Körper undurchdringlich, und je heftiger die Teilchen der Materie bewegt sind, um so flüssiger und leichter durchdringbar wurde die Materie. Bei Hobbes ist es gerade umgekehrt. Die ruhende Materie ist absolut flüssig und durchdringlich; je heftiger ihre Teilchen innerlich bewegt sind, um so fester und härter wird der Körper. Aber ebensowenig wie Descartes vermag Hobbes seine Theorie mathematisch zu begründen. Von einer konsequenten Durchführung bis ins Einzelne kann nicht die Rede sein, es handelt sich immer nur um Andeutungen. Wie die hypothetischen inneren Strebungen oder Bewegungen zu denken sind, wird nicht aufgeklärt. Kann man sich auch vorstellen, dafs eine hin- und hergehende Bewegung der Teilchen einen von aufsen andringenden Körper zurückweise, so bleibt doch die Kohäsion, die Bedingung der Gleichgewichtslage der schwingenden Teilchen, im Unklaren. Was Hobbes vorgeschwebt hat, dürfte man vielleicht am nächsten treffen, wenn man den festen Körper auffafst als in einem Spannungszustande befindlich, der dadurch entsteht, dafs die Teile der Flüssigkeit eine Bewegungstendenz (welche bei ihm als Conatus zugleich Bewegung ist) nach allen Seiten hin besitzen und sich dadurch an einer Verschiebung im Einzelnen hemmen.

Die gröfsere oder geringere Dichtigkeit hält Hobbes für

[1] *Op.* IV p. 337, 338. Vgl. Leibniz, *M. Schr.* (Gerhardt) VI p. 54.

kein besonderes Problem. Das Dichte enthält nicht mehr Materie in gleichem Raume als das Dünne, sondern nur mehr von einem bestimmten Körper, während der übrige Teil durch eine andre Materie, etwa Luft, ausgefüllt ist. Das Dichte wird daher auf das, was mehr, das Dünne auf das, was weniger Widerstand leistet, zurückgeführt.[1]

Zum Schlufs sei noch HOBBES Theorie von der Schwere erwähnt. Schwer heifsen die Körper, welche, wenn sie ungehindert sind, soviel man wahrnehmen kann, nach dem Zentrum der Erde hin fallen. Einige erklären die Schwere als einen inneren Drang, andre als eine Anziehung vonseiten der Erde. Ersteres ist, aufser andern Gründen, schon darum nicht möglich, weil jede Bewegung von aufsen stammen mufs; letztres ist zwar richtig, aber wie es geschieht, ist noch von niemand auseinandergesetzt worden. Die Erde besitzt eine einfache Kreisbewegung; durch diese wird die Luft in die Höhe gestofsen und zwar leichter als die in derselben befindlichen Körper. Die Luftteilchen eilen also den Körpern voran, und da kein leerer Raum entstehen darf, so müssen die nach oben drängenden Luftteilchen einen Teil der übrigen nach der Erde zurückstofsen; diese treffen auf die Körper und treiben sie nach der Erde hin. Da die Stöfse der Luftteilchen kontinuierlich auftreffen, so summieren sich ihre Impetus und bewirken dadurch die von GALILEI festgestellte Beschleunigung der schweren Körper nach unten.[2] Übrigens glaubt HOBBES aus seiner Theorie eine Abnahme der Schwere nach den Polen hin folgern zu müssen.

5. Beurteilung der hobbesischen Theorie.

Überblickt man den Gesamtcharakter der Physik des HOBBES, so ist es nicht leicht, ihr die richtige Stelle in der Geschichte und Entwickelung der Korpuskulartheorien anzuweisen. Sie teilt einerseits mit der Korpuskulartheorie die Tendenz, eine durchaus mechanische Theorie der Materie zu geben und Bewegung der Körper im Raume als die einzige erkennbare

[1] *Op.* I p. 413.
[2] *Op.* I 414 ff. — *Problemata physica. De gravitate. Op.* IV p. 305 ff.

Grundthatsache hinzustellen; auch bedient sie sich im speziell physikalischen Interesse der Hypothese der Korpuskeln mit allen ihren Willkürlichkeiten, nicht blofs an Gröfse, Gestalt und Bewegung, sondern auch an Gestaltveränderungen der Teilchen; andrerseits aber will sie die Grundlage einer konsequenten Korpuskularphilosophie, die individuellen, unveränderlichen, substanziellen Atome aufheben und die Physik auf eine andre Grundlage stellen, sie will Fluiditätstheorie sein.

Das Interesse der hobbesischen Physik ist durchaus erkenntnistheoretisch. Nur Quantitäten kann man erkennen, und diese nur, insoweit sie geometrisch zu konstruieren sind. Daher mufs alles auf Bewegung von Körpern zurückgeführt werden. Hier tritt nun als etwas ganz Eigenartiges das Bestreben auf, als alleiniges Erkenntnismittel diejenige Art des Bewufstseins zu benutzen, welche wir Kontinuität nennen. Durch GALILEI war die begriffliche Fassung des Kontinuums soweit vorbereitet worden, dafs es möglich war, jene Art der Abstraktion zu vollziehen, durch welche der Flufs der Erscheinung im Kontinuum im einzelnen Raum- und Zeitpunkte sich fixieren liefs, ohne den kontinuierlichen Zusammenhang, ohne das Gesetz des Werdens aufzuheben. Trotzdem war es GALILEI nicht gelungen, eine Theorie des flüssigen Körpers zu begründen, wie er eine Theorie der Bewegung begründet hatte. DESCARTES und GASSENDI hatten dies von seiten der Korpuskulartheorie auf Grund starrer materieller Teilchen versucht, ersterer unter Ausschlufs, letzterer mit Hilfe des Vacuums. Wenn diese Theorien nicht genügten, so war die Aufgabe gestellt, das Problem der Materie umzukehren und nicht vom starren, sondern vom flüssigen Körper auszugehen. Dies versuchte HOBBES mit Hilfe des Kontinuitätsprinzips.

Die Wahrnehmung der Körper setzt voraus, dafs sie auf unsern eigenen Körper wirken. Wirkung erfolgt nur durch Bewegung; also sind auch nur bewegte Körper wahrnehmbar. Dieser Schlufs beherrscht bei HOBBES die Theorie des Körpers. Ein ruhender Körper ist empirisch nicht vorhanden, er kann keiner Bewegung Widerstand leisten und keine Bewegung erzeugen. Daraus folgt, dafs er sich den Sinnen gegenüber verhält wie der leere Raum; dafs es einen solchen nicht gibt, sondern dafs alles von Körpern, zum mindesten von einer

ruhenden Flüssigkeit erfüllt ist, das ist für Hobbes eine denknotwendige Annahme, eine Setzung des Verstandes. Dies sind Grundlagen einer echten Kinetik, deren Charakter darin besteht, daſs die Realität des Körpers an seine Bewegung gebunden ist.

Aber die Erfahrung zeigt uns überall Körper, welche für die sinnliche Wahrnehmung keine Bewegung aufweisen und doch wahrgenommen werden. Es muſs ihnen also eine Bewegung zugeschrieben werden, welche ihnen die sinnliche Realität verleiht, ohne als sichtbare Bewegung aufzutreten. Diese Bewegung ist der Conatus, dessen Begriff bei Hobbes wir oben erörtert haben. Wir hatten denselben bezeichnet als die Objektivierung der Druckempfindung. In der That enthält die nicht immer ganz klare Bemühung Hobbes', diesen schwierigen Begriff zu entwickeln, nichts anders als das Ringen nach einem mechanischen Ausdruck für das, was wir die intensive Gröſse nennen. Der ruhende Körper erfüllt zwar als Quantität seinen Raum, aber seine Realität ist damit nicht gegeben, sondern sie erfordert noch eine andre Voraussetzung, eine intensive Qualität, welche empirisch in der sinnlichen Wirkung als Druck von verschiedenem Grade, als hart oder weich, starr oder flüssig wahrgenommen wird. Diese Eigenschaft muſs, um sie wissenschaftlich erkennbar zu machen, in einem Begriffe fundiert werden. Als sinnliche Wirkung bedingend muſs sie Bewegung sein, aber eine andre Art der Bewegung, als diejenige, welche dem sichtbaren Transport der Körper entspricht. Daher wird der Begriff der Bewegung ausgedehnt und unter Bewegung auch noch begriffen die Thatsache einer intensiven Wirkung ohne Ortsveränderung des Trägers der Bewegung. Die Verschiebung im Begriff der Bewegung ist höchst charakteristisch. Bewegung ist ursprünglich nur phoronomisch. Galilei entdeckt, daſs ihr begriffliches Merkmal, welches sie von der Ortsveränderung löst, die Wirkungsfähigkeit ist, die auch im Zeitmoment sich festhalten läſst, was indessen doch immer als empirischen Vorgang eine aktuelle Bewegung voraussetzt. Er erklärt dadurch den dynamischen Effekt. Hobbes abstrahiert auch noch von der Voraussetzung der Ortsveränderung überhaupt; auch den bloſs statischen Effekt nennt er eine Bewegung, die intensive Gröſse der

Wirkung wird das einzige Merkmal einer Bewegung. Aktuelle Bewegungen können sich nunmehr in Druckkräfte verwandeln, und umgekehrt; beide stehen unter demselben Begriff. Der Druck ist die Bewegung im Zeitpunkt, d. h. im unendlichkleinen Zeitteil. Wenn man erwägt, dafs dieser Conatus es ist, welcher die intensive Raumerfüllung, die Raumbehauptung der Materie garantieren soll, und welcher gleichzeitig auf jede Entfernung sich fortpflanzt, so zeigt sich, dafs der Begriff einer raumerfüllenden und einer fernwirkenden Kraft hier so gut wie fertig vorgebildet ist. Es bedarf nur eines Wortes, ihn zu heben — aber freilich eines neuen Begriffs, ihn fruchtbar zu machen. Intensive Wirkung ohne Ortsveränderung eines Trägers der Bewegung — Druck oder Zug — das ist der Gedanke, den Hobbes zu gestalten sucht; hier im Conatus liegt die Geburtsstätte der fernwirkenden Kräfte. Die Kinetik, welche von der Fluidität der Materie ausgeht und Fortpflanzung von Bewegungen ohne Bewegung des Mittels erklärbar zu machen streben mufste, leitete selbst zur Aufhebung der Kinetik über, indem sie den Begriff der fernwirkenden Kraft vorbereitete. Solange man freilich an der Raumerfüllung durch ein Fluidum festhält, ist auch der Fernwirkung noch ihr mechanischer Hintergrund gesichert. Sie ist eine thatsächlich sich fortpflanzende Bewegung, nur dafs die Bewegung des Substrats unendlichklein, die Geschwindigkeit unendlichgrofs gedacht wird; es ist dies eine Benutzung des Unendlichen zur Objektivierung intensiver Wirkungen, welcher ihre Berechtigung nicht abgesprochen werden kann. Jemehr aber das raumerfüllende Mittel seine Bedeutung als Träger der Kraftfortpflanzung verliert, jemehr von jenem abstrahiert und nur an die Wirkung selbst gedacht wird, um so mehr nähert man sich dem Gedanken einer unvermittelten Fernwirkung. Man gewöhnt sich an die Vorstellung, dafs es gar keiner aktuellen Bewegung bedarf, um Wirkung auszuüben, und gelangt von da zu einer Materie, welche den Raum erfüllt und in ihm wirkt, nicht durch die Bewegung ihrer Teilchen, sondern durch bewegende Kräfte der Anziehung und Abstofsung. Die Kinetik ist durch die Dynamik ersetzt, alle Raumerfüllung in nur potenzielle Bewegung aufgelöst. Das ist der Weg, welcher von Hobbes zu Kants dynamischer Theorie führt. Wie vielfach Hobbes sich mit den

Ansichten berührt, welche in Kants nachgelassenem Manuskript *Vom Übergang von den metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft zur Physik* niedergelegt sind, ist überhaupt auffallend. Die Übereinstimmung gründet sich naturgemäfs auf den Ausgangspunkt von einem allgemeinen Fluidum und auf die gemeinsame Aufgabe, die Solidität hieraus zu erklären. Dies geschieht durch die Annahme von Vibrationen, welche einen bestimmten Raumteil vor dem Eindringen andrer Materie schützen und dadurch als starren Körper konstituieren sollen.

Hier stockt nun die Theorie immer bei der Frage nach dem letzten Substrat einheitlicher Bewegung. Was unterscheidet ein Teilchen vom andern in der Bewegung, was gibt dem bewegten Raumteile die Einheit? Sollen Geschwindigkeit und Beschleunigung nebst ihrer Richtung kontinuierlich veränderlich sein und das Raumelement $dv = dxdydz$ zur Fixierung genügen? Das Denkmittel der Variabilität kann wohl in der Zeit den Moment herausheben und in ihm die gegebene Bewegung denken. Aber im Nebeneinander des Raumes kann diese fliefsende Abgrenzung nicht ausreichen, hier erzeugt der Grundsatz der beharrlichen Substanz das körperliche Atom. Freilich ist auch das Atom nur raumbehauptend, insofern es bewegt ist und dadurch intensive Gröfse besitzt. Aber es unterscheidet sich von dem Volumenelement darin, dafs es Identität mit sich selbst besitzt und ein Beharrliches in der Veränderung der Bewegungsverteilung im Raume aufweist, ohne welches alle Abgrenzung zerfliefst. Darum kehrt auch die Fluiditätstheorie immer zum Korpuskel zurück, nur dafs sie statt des Grundsatzes der Substanz eine innere Vibration der Teile setzt, diese Teile selbst aber nicht zu konstituieren vermag. Indem sie die Materie ursprünglich flüssig annimmt, löst sie die Einheit wieder auf, welche sie, um überhaupt ein Substrat der Bewegung zu haben, unter dem Namen der „Teile“ sich zugeeignet hatte.

Trotz der willkürlichen Einführung der Korpuskeln zur Hervorhebung einheitlicher Körperteile konnte Hobbes nicht über die Phoronomie hinausgelangen, weil ihm die Aufstellung genügender mathematischer Beziehungen zwischen den Begriffen *Conatus*, *Impetus* und *Vis* nicht glückte. Dadurch verfehlte er die Gröfsenbestimmung jener Qualität des Körpers, welche den physischen vom geometrischen unterscheidet, nämlich das konstante Ver-

hältnis von Kraft zu Beschleunigung, das wir die Masse nennen. Wie durch die Fluiditätstheorie die erkenntnistheoretische, so war ihm durch den Mangel jener Relation zwischen Druck und Geschwindigkeitsänderung auch die dynamische Isolierung der Teile der Materie verschlossen, so daſs die angestrebte Objektivierung der intensiven Gröſse des Drucks, welche in der analytischen Mechanik vollzogen wird, nicht gelingen konnte. Der tiefere Grund hierfür liegt in der Beschränkung der hobbesischen Mechanik auf geometrische Anschauung und den Ausschluſs der arithmetischen Gröſsenrelationen, durch welche Newton und Leibniz ihren bahnbrechenden Fortschritt vollzogen. Wie klar Hobbes den Sinn des Unendlichkleinen erfaſste, zeigte sich sowohl in der von ihm lebhaft betonten Relativität des Gröſsenbegriffs, als vor allem in seinem Versuche, die Bewegung im Zeitmoment zu fixieren. Hier war er auf dem durchaus richtigen Wege, die in der Ausdehnung nicht mehr erkennbare, in ihrer Wirkung aber noch vorhandene Bewegung als eine unendlichkleine Bewegung im Begriffe festzulegen und damit auch der intensiven Gröſse der Empfindung in dem gesetzlichen Zusammenhang mathematischer Erkenntnis ihre Stelle anzuweisen. Aber die unglückliche Stellung, welche er der Mathematik wie der Experimentalphysik gegenüber einnahm, raubte ihm allen Erfolg; seine Bemühung scheiterte daran, daſs es ihm versagt war, den Zusammenhang zwischen der Zahl- und der Raumgröſse zu erfassen. Indem er die Zulässigkeit bestritt, die Zahl als stetige Gröſse aufzufassen, verschloſs er sich den Zugang zur Analysis des Unendlichen und die Möglichkeit, für seinen Begriff des Conatus den mathematischen Ausdruck zu finden. Die mathematische Physik aber ist angewiesen auf die Rechnung. Der Ausschluſs des Unendlichkleinen aus der Arithmetik war zugleich die Verbannung des hobbesischen Gedankens aus der Physik, und es ist nicht zu verwundern, daſs Hobbes' miſsglückte Kämpfe gegen die Analysis von Wallis das Mistrauen der Mathematiker erweckten und seine Naturphilosophie überhaupt in Miskredit brachten.

Nicht weniger muſsten ihm in den Augen der Physiker die unhaltbaren Ansichten schaden, welche er über die Wirkungen der Luftpumpe vorbrachte und die ihm vonseiten Boyles einschneidende Zurechtweisungen zuzogen. So bietet Hobbes die

in der Geschichte der Wissenschaften nicht seltene Erscheinung, daſs ein im Grunde notwendiger und von der späteren Entwickelung aufgenommener und verarbeiteter Gedanke den Urheber desselben infolge einer natürlichen Einseitigkeit verhindert, diejenigen Entdeckungen in ihrem wahren Wert zu erkennen, welche zu seiner Zeit den thatsächlichen und für die nächste Folge unentbehrlichen Fortschritt der Erkenntnis darstellen.

Ein wirksamer Einfluſs, welchen Hobbes' eigenartige erkenntnistheoretische Begründung der Physik gewonnen hätte, dürfte sich historisch nur in der Fortbildung des Kontinuitätsproblems erweisen. Sicher ist, daſs Leibniz nicht allein an seinen Werken reges Interesse genommen hat, sondern auch im eigenen Gedankengange über die Theorie der Materie wenigstens zeitweilig von Hobbes bestimmt worden ist; ja man darf gerade die Folge, welche Leibniz Hobbes zu leisten versuchte, als einen der wesentlichen Faktoren bezeichnen, durch welche Leibniz veranlaſst wurde, seinen anfänglichen Irrtum zu erkennen und von der Phoronomie zur Dynamik fortzuschreiten.[1] Im übrigen mochten auch die Anfeindungen, welche Hobbes aus andern Gründen erlitt, ihn vielfach hindern, eine gröſsere Bedeutung zu erlangen. Bei alledem kann es keinem Zweifel unterliegen, daſs Hobbes' Untersuchungen über das Körperproblem der Theorie der Materie wertvolle Elemente zuführten und von auſserordentlicher Wichtigkeit bleiben. An Schärfe der erkenntnistheoretischen Begründung übertreffen sie die cartesischen, indem sie zwar, wie diese, die Notwendigkeit, physikalische Erkenntnis auf mechanische Prinzipien zu stellen, klar betonen, aber unter vollem Verständnis für das neue Denkmittel Galileis die Objektivierung der Empfindung durch ein begriffliches System kontinuierlicher Veränderung zu erreichen suchen, welches sich von dem Ausgangspunkte der Korpuskulartheorie, dem anschaulichen starren Korpuskel, gelöst hat. Durch die Umkehrung des Problems und die Aufstellung einer Fluiditätstheorie bezeichnen sie aber zugleich eine Grenze der korpuskulartheoretischen Entwickelung. Von hier aus gab es nur eine Überwindung, keinen Ausbau der Korpuskulartheorie.

[1] Vgl. 5. Buch, 3. Abschnitt.

Diese Überwindung wurde versucht durch die Annahme fernwirkender Kräfte, wie sie die mathematische Physik seit NEWTON einführte; hierdurch verwandelte sich die Kinetik in Dynamik. Die strenge Fortsetzung der hobbesischen Theorie unter Beibehaltung der kinetischen Grundprinzipien, aber Vollendung derselben durch die analytischen Relationen von Kraft und Beschleunigung, kann man in der modernen mathematischen Physik sehen, welche auf Grund eines die Welt erfüllenden absolut flüssigen Äthers mit Hilfe der Differenzialrechnung zur Erklärung der Natur zu gelangen sucht und die beharrenden Teile der Materie etwa mit Hilfe der HELMHOLTZ-THOMSONschen Wirbelringe für konstituiert hält. Indem jedoch der Charakter der kinetischen Atomistik als solcher zu gunsten einer kinetischen Fluiditätstheorie aufgehoben wird, geht die weitere Verfolgung der Entwickelung dieser Theorien über die Grenzen hinaus, welche wir uns in dieser Arbeit über die Geschichte der Korpuskulartheorie zu setzen hatten.

Viertes Buch.

Die naturwissenschaftliche Vollendung der Korpuskulartheorie.



Erster Abschnitt.

Joachim Jungius.

Die Erneuerung der Atomistik aus physikalischem Interesse bedrängte bereits hart die aristotelische Physik und machte sich in vielfachen Disputationen wie eine berechtigte Hypothese geltend,[1] als gegen die Mitte des siebzehnten Jahrhunderts die Philosophie systematisch für die Korpuskulartheorie eintrat und die grofsen Denker der ersten Hälfte des Jahrhunderts ihre bahnbrechende Wirksamkeit entfalteten. Ihnen gelang es, die Korpuskularphilosophie zur herrschenden Theorie zu erheben. Sie haben den Korpuskeln, welche die Physik in ihren ersten selbständigen Versuchen als ein Mittel der Veranschaulichung aus der antiken Überlieferung schüchtern entnommen hatte, das Bürgerrecht im Reiche der Begriffe erteilt. Für den damaligen Zustand der Naturwissenschaft und Mathematik war in den Systemen DESCARTES' und GASSENDIS eine ausreichende Sicherung

[1] So berichtet z. B. VARENIUS d. 7. August 1644 aus Königsberg, dafs daselbst die Professoren der Philosophie und die ganze medizinische Fakultät an der Atomenlehre festhalten. Dr. TINCTORIUS verwirft in einer Disputation die *prima materia* und hält dagegen die Atome als Elemente der natürlichen Körper fest, wozu er noch *spiritum universi materialem* fügt. Für diesen Weltgeist substituierten Dr. BEDER und LINEMANN *lumen seu lucem primigeniam*. ARISTOTELES' Ansehen sei hier gering; denn wenngleich EIFLER dem ARISTOTELES in vielen Punkten folge, so nehme er doch auch die Atome an und hielte in seinen Disputationen den Satz fest, dafs es auch *in coelo* Werden und Vergehen gebe. (AVÉ-LALLEMANT, *Jungius' Leben*, Breslau 1882. S. 115.)

gegeben, daſs die Physik der Korpuskeln sich bedienen dürfe, ohne mit den strengeren Forderungen philosophischer Begründung in Konflikt zu geraten. Im erkenntnistheoretischen und metaphysischen Interesse war ein gewisser Abschluſs erreicht; es muſste sich weiterhin erst zeigen, ob die Lösung, welche die Korpuskulartheorie darbot, in den Fortschritten der Physik ihre Bestätigung erhielt, ob sie ihre Bedeutung als kinetische Theorie der Materie behalten und den steigenden Forderungen der Erkenntnis genügen konnte, oder ob sich etwa Umformungen und Neugestaltungen derselben notwendig machten, welche ihr den Charakter einer kinetischen Korpuskulartheorie entzögen.

Mit der zweiten Hälfte des siebzehnten Jahrhunderts gewinnt nunmehr das physikalische Interesse wieder die Oberhand. Die experimentierende Naturwissenschaft bedient sich der Korpuskulartheorie als Hypothese und beginnt sie nach ihren Bedürfnissen zu gestalten, indem sie zugleich die Richtigkeit derselben aus der Erfahrung zu bestätigen bestrebt ist. In dieser Hinsicht wird zunächst eine Richtung der Naturforschung von besonderer Wichtigkeit, welche eben erst als selbständige Wissenschaft ihr Haupt zu erheben beginnt, die Chemie.

Wie bereits vor der Veröffentlichung der Hauptwerke von Descartes und Gassendi die Korpuskulartheorie unter der Hand, durch den persönlichen Einfluſs des Lehrers und in kleineren Publikationen, mehr und mehr Boden gewann, dafür haben wir ein ausgezeichnetes Beispiel in Deutschland an der Wirksamkeit von Joachim Jungius (1587—1657). Es ist kein Zweifel, daſs Jungius selbständig, noch bevor er Sennert und Basso kannte, auf seine korpuskulartheoretischen Ansichten gekommen ist; insofern hätte ihm auch unter den Erneuerern der Korpuskulartheorie ein Platz eingeräumt werden können. Seine Ansichten werden jedoch erst wirksam und gelangen zur Verbreitung, nachdem er sowohl Sennert als Basso gründlich studiert hatte, und seine hier in Betracht kommenden Veröffentlichungen fallen so spät (1642), daſs wir vorziehen ihn an der Spitze des Übergangs zur „praktischen“ Korpuskulartheorie zu nennen, weil die ganze Richtung seiner Arbeiten ihn als unmittelbaren Vorläufer Boyles kennzeichnet und ihn

in die Reihe derjenigen Korpuskulartheoretiker stellt, bei welchen das chemische Interesse vorwiegt.[1]

Die Anregungen, welche Jungius auf die Korpuskulartheorie hinwiesen, dürften ganz ähnliche wie bei Sennert gewesen sein.[2] Bei der weiteren Ausbildung seiner korpuskulartheoretischen Ansichten, die jedoch schon durch die inzwischen erschienenen Werke von Sennert, Bacon und Basso beeinflufst sein mochten, weist Wohlwill aus den Manuskripten zwei gesonderte Gedankenfolgen nach, die deshalb von besonderm Interesse sind, weil sie in der individuellen Entwickelung des Jungiusschen Denkens die Wirksamkeit derselben Anregungen zeigen, welche wir in der vorbereitenden Epoche zur Erneuerung der Korpuskulartheorie überhaupt hervorzuheben Gelegenheit hatten. Die eine bezieht sich auf die Polemik des Galenus gegen die Atomistik, die andre steht unter dem Einflusse der nominalistischen Lehren Occams. In letztrer Hinsicht gewinnt Jungius die Einsicht, dafs es nicht angäng-

[1] Die Erkenntnis der Bedeutung von Jungius für die Entwickelung der Korpuskulartheorie verdanken wir E. Wohlwill, dessen erschöpfende Monographie „*Jungius u. d. Erneuerung atom. Lehren etc.*" wir neben den *Doxoscopiae* unserer Darstellung, soweit sie sich lediglich auf Jungius bezieht, durchaus zugrunde legen. Die Arbeit von Wohlwill beruht auf einer gründlichen Durchforschung des handschriftlichen Materials. Danach beginnt Jungius' Beziehung auf Sennert 1629, Basso erwähnt er in einer Disputation von 1634. Seine eigenen korpuskulartheoretischen Ansichten sind schon 1622 ausgebildet und finden von 1629—31 an durch seine Lehrthätigkeit Verbreitung.

[2] Wohlwill erwähnt (S. 15 f.) zwei Werke, deren Studium in dieser Hinsicht für Jungius in Betracht kommt, die 1612 erschienene Schrift von J. Caesar Lagalla „*De phaenomenis in orbe lunae*" und die 1614 veröffentlichte „*Medizinische Statik*" von Sanctorius in Padua, dessen Zuhörer Jungius in den Jahren 1618 und 19 war. In dem Buche von Lagalla findet sich eine eingehende Besprechung der Weltbildungstheorie und der gesamten atomistischen Lehre Demokrits. Bei Sanctorius findet sich zwar kein direkter Anklang an die Atomistik, aber die Richtung seiner Methode setzt stillschweigend die Theorie voraus, dafs die Vorgänge im gesunden wie kranken Menschen nur auf Mischung und Entmischung körperlicher Substanzen beruhen; denn ohne diese Annahme hätte das Bestreben des Sanctorius keinen Sinn, die stofflichen Veränderungen im Körper mit der Wage verfolgen zu wollen. Die Lehre von der unmerklichen Ausdünstung bedingt offenbar das Entweichen unsichtbar kleiner Körperteilchen. In Padua lernte Jungius auch Asklepiades von Bithynien kennen, dessen Korpuskulartheorie, wie wir an andrer Stelle nachwiesen, für die Erneuerung atomistischer Ansichten einflufsreich war.

lich ist, die auſserordentlich groſse Anzahl der thatsächlich vorhandenen Modifikationen der Materie durch eine ebensogroſse Anzahl substanzieller Formen erklären zu wollen; die Qualitäten dürfen nicht als selbständige Essenzen betrachtet werden, sondern sind als Attribute aufzufassen, welche sich als Änderungen der Körper infolge verschiedener Anordnung der Atome darstellen. Die letzte Konsequenz ist jedoch erst in späteren Äuſserungen ausgesprochen, sichtlich unter dem Einflusse von Sennert. Während anfänglich[1] der nominalistische Grundsatz, daſs nicht durch Vieles geschieht, was durch Weniges geschehen kann, das Hauptmotiv für den Zweifel an der Richtigkeit der Erklärungen der scholastischen Physik abgibt, schreitet Jungius später zu der positiven Aufstellung vor, daſs nur die Korpuskulartheorie imstande ist, die Mannigfaltigkeit der Qualitäten ausreichend zu erklären.[2] Besonders bezeichnend für den Zusammenhang zwischen dem Nominalismus und der atomistischen Lehre von den Sinnesqualitäten, insofern durch dieselbe die sinnlichen Eigenschaften der Körper von der substanziellen Wesenheit derselben getrennt werden, ist ein Satz,[3]

---

[1] Wohlwill, *Jung.* S. 20. So heiſst es in einer Aufzeichnung aus dem Mai 1622: „Die so leicht die Qualitäten vervielfältigen, mögen die folgenden Qualitäten in Betracht ziehen: Zerbrechlichkeit, Dehnbarkeit, Formbarkeit, Fähigkeit des Aneinanderhaftens, Ziehbarkeit, Klebrigkeit, Zerreiſsbarkeit, Zähigkeit, Geschwindigkeit, Biegsamkeit, Spaltbarkeit, Schneidbarkeit, Zerreiblichkeit, Zerflieſslichkeit (wie wenn Potasche in der Luft wegen der unmerklichen Feuchtigkeit zerflieſst) u. dgl. mehr und mögen versuchen, ob sie eine bestimmte Zahl derartiger Qualitäten aufstellen können, oder ob sie alle diese Attribute unter zwei entgegengesetzte Qualitäten ordnen können."

[2] In der Handschrift *Ad Sennerti Auctarium* (Fol. 71) heiſst es: „Diejenigen, welche leugnen, daſs die Qualitäten aus Atomen entstehen können, mögen zeigen, wie der Zusammenhang, wie er in seidenen, leinenen, hanfenen Fäden, Weidenruten, den Fäden der Spinne, der Raupen u. s. w. beobachtet wird, von den vier Elementen selbst unter Hinzunahme des Salzes herkommen soll. Dasselbe gilt von der Dehnbarkeit."

[3] Unter der Überschrift „Nicht so viel Wesenheiten als Attribute" auf einem Blatt vom Juli 1625: „Demokrit, als er sagte, daſs die Qualitäten Schein seien, wollte nicht sagen, daſs z. B. das Harte nicht hart sei, d. h. bei Berührung nicht Widerstand leiste, sondern nur, daſs jene Fähigkeit, bei Berührung Widerstand zu leisten, nicht eine eigentümliche Wesenheit oder ein Hinzukommendes sei, von dem Körper selbst verschieden, so wie auch eine angeschwollene Blase für die Sinneswahrnehmung ebenso hart oder bei Berührung widerstehend ist als Marmor. Demokrit war demnach Occamist." (Wohlwill, *Jung.* S. 23.)

in welchem DEMOKRIT gradezu als Occamist bezeichnet wird. JUNGIUS' Plan, seine reformatorischen Ansichten über die Physik in einem gröſsern Werke darzustelleu, kam infolge mannigfacher Störungen nicht zur Durchführung; erst mit dem Jahre 1629, als Rektor und Physiker an das akademische Gymnasium in Hamburg berufen, fand er Gelegenheit, seine Korpuskulartheorie eingehender zu bearbeiten und in Vorlesungen und Disputationen für ihre Verbreitung zu wirken. Zwar hatte er dem Lektionsplan nach die aristotelische Physik zu lehren, aber indem er seine Schüler mit derselben bekannt machte, wuſste er zugleich die Unhaltbarkeit derselben klar nachzuweisen und ihr gegenüber die Korpuskulartheorie zu verteidigen, zu begründen und einzuschärfen. Unter dem Namen *Lectiones physicae* sind, hauptsächlich aus den Jahren 1629—31, Diktate zu seinen Vorlesungen erhalten,[1] welche das Hauptmaterial der aus JUNGIUS' Nachlaſs von MARTIN VOGEL veröffentlichten *Doxoscopiae physicae minores* bilden.[2] Wenn auch die Veröffentlichung der JUNGIUSschen Schriften so spät stattfand, daſs inzwischen die Korpuskulartheorie längst von der vorgeschritteneren Wissenschaft als herrschende Macht anerkannt war, so hat doch JUNGIUS auch schon früher als Lehrer sehr wesentlich zur Verbreitung der Korpuskulartheorie beigetragen, sowohl durch den Einfluſs auf seine persönlichen Schüler, als auch durch einige Disputationen, welche durch den Druck Verbreitung fanden. Eine solche vom 23. März 1633 kämpft gegen die substanziellen Formen, und in einer Disputation vom Jahre 1634 finden sich einige Sätze über die chemischen Elemente, welche wegen ihrer Verwandschaft mit den späteren Ansichten BOYLEs Beachtung verdienen.[3]

[1] A. a. O. S. 26.

[2] JOACHIM JUNGII Lubecensis *Doxoscopiae physicae minores, sive Isagoge physica doxoscopia.* In qua praecipuae Opiniones in Physica passim receptae breviter quidem sed accuratissime examinantur. Ex recensione et distinctione M. F. H. Hamburgi 1662.

[3] „Daſs es auſser den (4) Elementen noch andre Prinzipien des Gemischten gebe und daſs man in der Auflösung des Gemischten nicht immer bis zu den ersten Elementen gelangt, darin stimmen wir den Ausführungen SENNERTS bei."

„Falsch ist das Axiom, welches behauptet: in welche Stoffe ein jedes aufgelöst wird, daraus ist es auch von Natur zusammengesetzt; sehr wahr aber

Wenn auch nicht mit allen Ansichten SENNERTS einverstanden, namentlich in der Verwerfung der substanziellen Formen viel entschiedener als der konziliatorisch gesinnte SENNERT, hat doch JUNGIUS ein ganz hervorragendes Verdienst in Bezug auf die Verbreitung SENNERTscher Lehren, insofern sie für die Korpuskulartheorie voll und ganz eintreten. Er legte SENNERTS Bücher seinen Vorlesungen zu Grunde, so 1636 die *Epitome Physicae*, namentlich das 2. und 3. Buch über den Himmel und die Elemente,[1] und liefs ebenfalls als Grundlage für seine Vorlesungen eine Zusammenstellung der wichtigsten Lehren SENNERTS herstellen und drucken unter dem Titel: *Auctarium Epitomes Physicae clarissimi atque experientissimi viri Dr. Danielis Sennerti et aliis ejusdem libris excerptum* (Hamburg 1635), in welchem besonders die Schrift *De chymicorum etc. consensu ac dissensu* berücksichtigt ist.[2]

Am ausführlichsten und positivsten treten die korpuskulartheoretischen Lehren des JUNGIUS unter den bei seinen Lebzeiten veröffentlichten Schriften in den beiden Disputationen vom 30. März und 2. April 1642 auf, von denen WOHLWILL eine nahezu vollständige Übersetzung gibt.[3] Mögen dieselben auch nur wenig Verbreitung gefunden haben, so sind sie doch gegenüber den erst 1662 erschienenen *Doxoscopiae* ein vollgiltiges litterarisches Dokument, um den Anspruch JUNGIUS' zu erweisen, unter den selbständigen Korpuskulartheoretikern und als Vorgänger von BOYLE genannt zu werden.

Die von JUNGIUS vertretene Korpuskulartheorie ist in ihren Grundzügen folgende.

ist dieses: in welche Stoffe ein jedes zuletzt aufgelöst wird, aus denen ist es auch zusammengesetzt."

„Es ist bisher weder ein einfaches noch ein zusammenfassendes Bestimmungsmerkmal nachgewiesen worden, durch welches die Transmutation der für die Wahrnehmung gleichartigen Stoffe sich von der Zustandsänderung unterscheiden liefse, aufser durch Zusammenmischung und Entmischung." (WOHLWILL, *Jung.* S. 27.)

[1] A. a. O. S. 64.

[2] Dafs das *Auctarium*, welches sich in den Gesamtausgaben der *Opera* SENNERTS findet, nicht von ihm, sondern von JUNGIUS herrührt, hat WOHLWILL nachgewiesen a. a. O. S. 63, 64.

[3] A. a. O. S. 31 ff. Daselbst s. d. vollständigen Titel.

Die Zusammensetzung aus Atomen wird mit Sicherheit nur für die festen Körper behauptet. Hier wird sie darauf gegründet, daſs die Thatsache der Nicht-Homogenität von Körpern, welche für die sinnliche Wahrnehmung homogen sind, sich nur durch die Annahme von Atomen erklären lasse. Wenn ein homogener Körper sich in nicht homogener Weise verflüssigen läſst, wie z. B. Gold in Königswasser, oder Messing, das aus Metallen von verschiedener Schmelzbarkeit besteht, durch Feuer, so muſs bei einem solchen Körper Trennung in sehr kleine Teile unter Beibehaltung der Substanz stattfinden, d. h. er muſs aus Atomen bestehen. Auch die kleinsten Teile der zusammengesetzten Körper werden als Atome bezeichnet und dieselben von verschiedener Gröſse und Gestalt angenommen; ein Körper ist der Substanz nach gröber oder feiner, je nachdem er in gröſsere oder kleinere Atome teilbar ist. Die verschieden leichte gegenseitige Durchdringbarkeit der Körper ist auf dieses Verhältnis ihrer Atome und Poren zurückzuführen. Ob es einen wahrhaft flüssigen, d. h. kontinuierlichen Körper gebe, bleibt dahingestellt.[1] Eine solche Flüssigkeit müſste die Gestalt und wechselseitige Lage der Teile ändern können, ohne dabei je einen leeren Raum zu lassen. Gibt es keine solche kontinuierliche Materie, so muſs man, da die flüssigen Körper eine innere Bewegung zeigen, annehmen, daſs sich zwischen ihren Teilchen verteilte leere Räume (vacuum dispersum) befinden. Denn es gibt keine stereometrische Figur, bei welcher sich nicht durch eine Lageveränderung der Atome Spalten bilden müſsten. Die leeren Poren zwischen den Korpuskeln sind geeignet, durch ihre Vergröſserung und Verkleinerung die Veränderungen in der Ausdehnung der Körper verständlich zu machen.

Die Annahme von Atomen scheint JUNGIUS, wie schon oben erwähnt, notwendig, um die Mannigfaltigkeit der Eigenschaften der Körper zu erklären. Bestehen aber die Körper aus Korpuskeln, so sind alle Veränderungen an ihnen nur aus einem Hinzutreten, Fortgehen oder einer Umlagerung dieser Teilchen abzuleiten. Für diese Theorie der Mischung und Entmischung hat JUNGIUS eine besondere Terminologie ausge-

[1] Vgl. auch *Doxosc.* ps. II, sect. I c. 5. assert. 3.

bildet und dadurch eine scharfe Fassung der hier in Betracht kommenden Begriffe ermöglicht. Seine Korpuskulartheorie würde nach derselben als die Theorie von der Syndiakrise und Metasynkrise hypostatischer Prinzipien zu bezeichnen sein.

Hypostatisch heifsen diejenigen Teile, welche auch aufserhalb des Dinges, dessen Teile sie sind, unabhängig bestehen können, ohne Teil eines Dinges zu sein; so z. B. ist der Faden hypostatischer Teil des Gewebes, weil er ohne dasselbe zu existieren vermag. Im Gegensatz dazu heifsen synhypostatisch diejenigen Teile, welche nur in Verbindung mit ihren Nebenteilen und nicht selbständig bestehen können. So ist die Wärme ein synhypostatischer Teil des Wassers, da ihr Bestand sich an denjenigen eines Körpers knüpft, dessen Eigenschaft sie ist. Den hypostatischen und synhypostatischen Teilen entsprechen hypostatische und synhypostatische Prinzipien oder Grundbestandteile. Die Auflösung der hypostatisch zusammengesetzten Körper kann nur von den näheren Prinzipien zu den entfernteren und letzten Prinzipien gelangen. Nach Aristoteles können sich die Grundbestandteile der Körper ineinander verwandeln, indem sie durch Übergang von Potenz zum Actus oder umgekehrt entstehen oder vergehen; daher sagt Jungius, dafs die „actupotentiale“ Verwandlung auf synhypostatischen Prinzipien beruhe. Die haltbare physikalische Theorie erfordert jedoch die auf hypostatischen Prinzipien beruhende syndiakritische Verwandlung.

Syndiakritisch nämlich, oder durch Syndiakrise stattfindend, wird die Verwandlung genannt, wenn sie entweder durch Entmischung (Diakrise) unwahrnehmbar kleiner Teilchen, oder durch Zusammenmischung (Synkrise), oder durch beides zugleich zustande kommt.[1] Beispiele sind Lösung von Salz in Wasser, Pflaster (Tripharmacum) aus Bleiglätte, Essig und Öl, Legierung von Gold, Silber, Kupfer. Hierbei findet die Mischung statt ohne jede innere Änderung der Teile der gemischten Körper, abgesehen davon, dafs diese selbst noch dabei unter Umständen zerrissen und verkleinert werden können. Bezieht man sich jedoch auf diejenigen unwahrnehmbaren Teilchen, welche die letzten sind, bis auf welche die zu mischenden

[1] *Disputatio* I, § 56, § 58. Wohlwill, *Jung.* S. 34.

Körper zerteilt werden können, so findet bei der Syndiakrise nur eine Änderung in Bezug auf Berührung und Lage dieser Teilchen statt, und nur durch diese unterscheiden sich die Körper nach und vor der Mischung. „Nichts ist bis ins Unendliche in ungleichartige Teile teilbar, man mufs vielmehr auf Teile kommen, die der Wahrnehmung nach gleichartig und endlich auf solche, die absolut gleichartig (exquisite similares) sind.“ [1] „Erst wenn man durch auflösende Beobachtung zu den ersten hypostatischen Prinzipien, d. h. absolut gleichartigen, aus Atomen derselben Art bestehenden Körpern gelangt sein wird, wird sich mit Sicherheit erforschen lassen, ob es synhypostatische Prinzipien gibt.“ [2]

JUNGIUS ist jedenfalls der Ansicht, dafs die Annahme solcher synhypostatischen Prinzipien unter Zugrundelegung der Atomistik entbehrlich werden wird. Um die Verwandlung der Körper, wie sie sich den Sinnen darbietet, erklären zu können, ohne dafs von aufsenher Teile zu dem Körper hinzutreten oder ihn verlassen, bedient er sich der in jener Zeit mehrfach auftretenden Molekular-Hypothese. Diese inneren Änderungen ohne Zutritt andersartiger Atome nennt er Metasynkrise oder Metaschematismus, indem er sich auf GALEN und PHILO den Arzt (bei PLUTARCH) bezieht, wo auch von Metaporopoiesis oder Metaschematismus der Poren die Rede sei.[3] Er hält es dabei noch nicht für an der Zeit zu entscheiden, ob Eigenschaften wie die Durchsichtigkeit, Dichte, Härte etc. nur der Anordnung der Atome zuzuschreiben seien, bemerkt jedoch, dafs die Atomgestalten bei der Metasynkrise jedenfalls wesentlich in Betracht kommen.[4] Er selbst scheint dieselben jedoch nur dort zur Erklärung herangezogen zu haben, wo es sich darum handelt, die Entstehung eines zusammenhängenden festen Körpers aus zwei flüssigen zu erklären, deren Atome „wenn miteinander gemischt, sich miteinander verschlingen und gegenseitig binden, während die gleichartigen beider Gattungen gesondert leicht auseinander fliefsen.“ [5]

Die Änderung des Abstandes der Atome wird gelegentlich als mögliche Ursache der Wärmewirkung bezeichnet, aber auch

[1] *Disp.* I 68. — [2] *Disp.* I 71. — [3] *Disp.* I 73—75. — [4] *Disp.* I 77.
[5] WOHLWILL a. a. O. S. 62.

vom Eindringen der Feueratome gesprochen, ohne dafs es zu einer bestimmter ausgebildeten Wärmetheorie kommt. Ebenso läfst es JUNGIUS unentschieden, ob die Ausdehnung des Wassers beim Gefrieren auf einer Beimischung von Luft oder lediglich auf einer Vergröfserung der leeren Zwischenräume beruhe.[1]

Ausführlicher als diese unbestimmt gehaltenen positiven Anwendungen der Korpuskulartheorie hat JUNGIUS die Polemik gegen die bekannte Theorie der Chemiker von den Grundsubstanzen geführt. JUNGIUS erkennt an, dafs die Chemiker, d. h. die sog. spagirischen oder hermetischen Philosophen, „die fast in Vergessenheit begrabene syndiakritische Hypothese durch ihren Fleifs in neueren Zeiten wieder an das Licht gezogen“ haben, aber sie haben sie auch selbst wieder verdächtig gemacht, indem sie in ihren Spekulationen über das hinausgingen, was die Erfahrung selbst zeigte.[2] So kann z. B. das *Sal*, welches sie als homogenen, festen, in Wasser löslichen Körper bezeichnen, nicht aus jedem homogenen Körper abgeschieden werden, z. B. nicht aus Korallen, Perlen, Metallen und Halbmetallen. Andre Körper, die sie als zusammengesetzt ansehen, haben bis jetzt eine Entmischung nicht zugelassen (Gold, Silber, Talk, Quecksilber u. a.). Ihre Definition des *Mercurius* ist ganz unbestimmt. Vor allem aber widerspricht es dem Bestreben, die Zusammensetzung der Körper auf einfache Grundprinzipien zurückzuführen, dafs sie aus Absinth, Salvey, Eschenholz, Blut u. s. w., aus jedem Körper ein andres und wieder ein andres *Sal* absondern, und in Bezug auf *Sulfur* und *Mercurius* zu ähnlichen Resultaten kommen. Dadurch wird nichts erreicht, als dafs man dreimal soviel Prinzipien erhält wie Stoffe, deren Grundbestandteile sie sein sollen. Das gleicht einer Schreibekunst mit mehr Buchstaben, als Worte zu bilden sind, oder einer Geometrie mit neuen Postulaten für jedes Problem. Was sollen auch solche Ausdrücke wie „*terra damnata, caput mortuum, phlegma, faeces*“ u. dgl. bedeuten? Warum sollen diese Körper von der Zahl der Prinzipien ausgeschlossen bleiben?

Keineswegs darf man einen durch die Analyse ausgeschiedenen homogenen Körper sofort als Prinzip des zerlegten

[1] WOHLWILL, a. a. O. — [2] *Disp.* II 46, 47. WOHLWILL, a. a. O. S. 39.

Körpers, geschweige denn als erstes Prinzip ansehen.[1] Denn die Zerlegung kann, je nach der Art des Verfahrens, sehr verschiedene Zersetzungsprodukte liefern, während doch wahrscheinlich ist, dafs der Körper von Natur aus immer aus denselben nächsten hypostatischen Prinzipien zusammengesetzt ist. Es ist keineswegs richtig, dafs die Dinge aus dem zusammengesetzt sind, worin sie aufgelöst werden, wie man schon am Beispiel der Quadrat- oder Kubikzahlen sehen kann, oder beim Zerstören einer Mauer, die durchaus nicht wieder in Ziegelsteine und Kalk zerfällt. Man kann daher wahrscheinlich oft leichter zu den ersten als zu den nächsten hypostatischen Prinzipien gelangen. In Bezug auf die ersten Prinzipien aber ist zweifellos das Axiom wahr: „Worin ein jeder Körper zuletzt aufgelöst wird, daraus als ersten Bestandteilen ist er auch zusammengesetzt, und umgekehrt."[2] Welche aber dies sind, darüber kann nur fortgesetzte gewissenhafte Beobachtung Auskunft geben.

Ob es sich bei den chemischen Veränderungen um Metasynkrise oder um Syndiakrise handelt, wagt JUNGIUS in den meisten Fällen aus Mangel an ausreichender Erfahrung noch nicht zu entscheiden. So kann nach ihm z. B. die Umwandlung des Wassers in Dampf auf reiner Metasynkrise, vielleicht aber auch auf Synkrise der Feueratome beruhen. Die von HELMONT (s. I S. 345) aufgestellte Theorie der Verdampfung durch *extraversio* der Teile wäre nach JUNGIUS Terminologie eine Metasynkrise zu nennen; sie kann übrigens JUNGIUS damals wohl kaum bekannt gewesen sein. Die Verwandlung von Blei und Zinn in *Cerussia* (Bleiweifs), Kupfer in Grünspan, Eisen in Rost sind nach JUNGIUS keine Zersetzungsprozesse (Diakrisen), sondern Synkrisen oder Metasynkrisen. Es ist natürlich, dafs er auch andre chemische Prozesse auf syndiakritischem Wege zu erklären versucht, indem er die Unverwandelbarkeit der Grundstoffe hervorhebt. Die Verwandlung von Wasser in Luft bestreitet er als der Erfahrung widersprechend; das Beschlagen mit Wassertröpfchen in der Kälte erweist nicht die Verwandlung von Luft in Wasser, sondern nur die Rückverwandlung von Dampf in Wasser. Ein andres vielfach von den

[1] *Disp.* II 60. — [2] *Disp.* II 67.

Anhängern der Transmutationslehre angezogenes Experiment ist die scheinbare Verwandlung von Eisen in Kupfer, wenn man ersteres in eine Lösung von blauem Vitriol taucht. Trotzdem die richtige Erklärung, dafs das Kupfer nicht aus dem Eisen entstehe, sondern aus dem Vitriol abgeschieden werde, schon von ANGELO SALA in seiner zuerst 1613 erschienenen *Anatomia vitrioli*[1] gelehrt worden, hatte doch selbst SENNERT hierin noch eine Verwandlungserscheinung gesehen, während JUNGIUS eine *permutatio*, d. h. eine Ersetzung der Atome des Eisens durch diejenigen des Kupfers annimmt.[2] Den Beweis sucht er darin, dafs die Farbe des Wassers allmählich vom Blauen ins Grüne abweicht, und, sobald das Wasser ebensoviel Kupfer als es enthalten hat, wieder abgegeben, dann keine weitere Verwandlung des Eisens eintritt.[3]

Dieser Bemerkung wie der ganzen syndiakritischen Methode liegt der Grundsatz von der unveränderlichen Erhaltung des Stoffes zu Grunde, das erste Axiom aller Atomistik. Es ist daher die Beachtung der Gewichtsänderungen bei den chemischen Umwandlungen und der Gebrauch der Wage eines der verdienstvollen Kennzeichen der wissenschaftlichen Richtung von JUNGIUS. Die Erhaltung des Gewichts dient ihm als hauptsächlicher Beweis für das Statthaben einer Metasynkrise. Der Mangel quantitativer Bestimmungen, ja die Unmöglichkeit derselben, ist ein Haupteinwand gegen die aristotelische Elementenlehre. JUNGIUS verlangt, dafs die Auflösung eines Körpers in seine Elemente und seine Zusammensetzung aus denselben auch der Quantität nach übereinstimmen müssen.[4]

Überall zeigt sich somit JUNGIUS auf dem Wege, welcher allein zur Begründung der Chemie als Wissenschaft führen konnte, der Erforschung des quantitativen Moments. Die grofse Schwierigkeit, an welcher die Chemie so lange scheiterte, die

[1] *Opera medico-chymica quae extant omnia.* Francof. 1647, p. 363. 364.
[2] *Doxosc.* Ps. 2. sect. 1. c. 19, ass. VI § 4. — [3] A. a. O. § 7.
[4] *Doxosc.* Ps. 2. Sect. 1. c. 20. ass. 6. Ex iis, qui Mistum Similare in Elementa, et quidem per Putredinem resolvi, dicunt, jure quaeritur, num eadem Proportione Magnitudinis, sive Copiae, Elementa ex Misto rursus prodeant, qua ad ipsum constituendum convenere. — Requirit enim Resolutionis natura, ut ad eosdem numero etiam Terminos perveniatur, e quibus compositum dicitur esse id, quod resolvitur.

auch BOYLE zu Fehlschlüssen brachte (s. II S. 281) und erst von LAVOISIER überwunden wurde, war dabei das geringe Gewicht der Gase, infolgedessen die Aufnahme von Stoffen aus der Luft bei der Verbrennung und der sogenannten Verkalkung der Metalle, lange unbemerkt blieb. Die Erwägungen, welche JUNGIUS hinsichtlich dieser Fragen anstellt, zeigen ihn ebenfalls als klaren Denker.[1]

Über die Frage nach dem Zusammenhange der Korpuskeln finden sich bei JUNGIUS nur zerstreute Bemerkungen, welche jedoch zeigen, dafs auch hier sein Denken darauf gerichtet war, von unbestimmten Vorstellungen über verborgene Qualitäten und innere gefühlsähnliche Beziehungen in den Stoffen zu bestimmteren mechanischen Anschauungen fortzuschreiten. Es ist die Frage nach der Wechselwirkung der Atome, deren ganze Schwierigkeit JUNGIUS nicht verborgen bleiben konnte, und der er noch ratlos gegenübersteht. Daher beginnt er seine Untersuchungen über die Prinzipien der korpuskularen Wirkung (*Agendi et praesertim Syndiacritice agendi Principia*) mit dem Geständnis, dafs sicherlich die Gestalt und Lage der Poren und Atome etwas zur Aufklärung dieser Theorie beitrage, dafs jedoch darin noch nicht alles zu liegen scheine.[2] Das, was ihm fehlt, ist ein Prinzip der Bewegung, welches die Ordnung der Atome regelt. Er nimmt daher seine Zuflucht im Ausdruck hier und da noch zu dem überlieferten Mittel der Sympathie, er spricht von einer *Potentia* oder einem *Appetitus*, wodurch das, was der Art oder Gattung nach verwandt ist, sich gegenseitig erstrebt,[3] oder davon, dafs gewisse Körper für gewisse Atome ein angenehmerer oder bequemerer Aufenthalt seien als andere. Dies sind Reminiscenzen an die *qualitates occultae*, die er zu überwinden strebt, aber vorläufig nicht durch genügende mechanische Gesetze zu ersetzen weifs. Doch läfst sich deutlich erkennen, dafs er nicht auf dynamische Vorstellungen hinzielt, sondern dafs er im Sinne der kinetischen Korpuskulartheorie nach einer anschaulichen Gestaltung der Wechselwirkung zwischen den Atomen strebt, nach Vorstellungen über das

---

[1] Vgl. hierüber und über die interessante Berufung auf GALILEIS *Saggiatore* WOHLWILL, a. a. O. S. 50.

[2] *Doxosc.* Ps. II. sect. 1. c. 17. ass. 1. — [3] A. a. O. ass. 9.

Zusammenstreben und Zusammenpassen der Körper durch eine Zurückführung jener scheinbar inneren Wirkungen auf äufsere, mechanische, welche von der Art der Atomfiguren und ihren Bewegungen abhängig sind. Der Beweis dafür dürfte in der Nebeneinanderstellung der beiden denkbaren Erklärungen, der korpuskularen und der durch innere Kräfte, liegen. So sagt er: Beim Zusammengiefsen von Blei und Silber mischen sie sich entweder, weil eine lebhafte Bewegung (Agitatio) entsteht, oder weil die Körper sich gegenseitig erstreben (appetunt).[1] Flüssiges und Trockenes hängen zusammen, indem sie sich durch eine reale Aktion wechselseitig anziehen, festhalten und umfassen, mag dies nun der Sympathie oder den Gestalten der Atome zuzuschreiben sein.[2] In beiden Fällen dürfte kein Zweifel sein, dafs JUNGIUS mit seiner Überzeugung auf der Seite derer stand, welche jene Wirkungen aus den Gestalten der Atome, nicht aus der Sympathie erklären wollten, dafs er aber allerdings fühlte, es sei noch eine Bedingung zu erfüllen, welche die innigere Verbindung der Atome ermöglicht. Wie dieselbe zu denken sei, ist ihm noch nicht klar, der Weg aber, auf welchem er sie sucht, ist der des Fortschritts von der unbestimmten Vorstellung einer triebartigen Verwandtschaft oder Sympathie der Atome zu ihrer für die gegenseitige Anpassung geeigneten mechanischen Beschaffenheit. Denn er erklärt ausdrücklich, dafs man keine Arten der Bewegung ausdenken solle, so lange die Erscheinungen durch die Annahme der räumlichen Bewegung allein salviert werden können.[3]

[1] A. a. O. ass. 10. — [2] A. a. O. ass. 20.

[3] *Doxosc.* Ps. II s. I c. 2. ass. XI, § 3. — JUNGIUS sagt ferner (WOHLWILL, S. 65): „Die eine syndiakritische Mischung verteidigen und jene verborgenen Formen leugnen, lassen deshalb nicht sofort in der Nebeneinanderlagerung (juxtapositio), oder Durchmengung die Mischung bestehen; denn es ist aufserdem eine Fähigkeit des Zusammenhängens (cohaesivitas) der gemischten Körper erforderlich, damit sie sowohl leicht als auch beständig (et promte et constanter) zusammenhängen; die einen zeichnen sich durch beiderlei Zusammenhangsfähigkeit aus, die andern durch eine von beiden Arten; überdies ist eine gewisse Gleichmäfsigkeit der Durchmischung erforderlich." Damit die Mischung eine innere Beständigkeit besitzt, genügt die blofse Aneinanderlagerung nicht; es mufs auch ein Zusammenhang zwischen den Korpuskeln gesichert sein; die Eigenschaft der letzteren, welche jenen bedingt, nennt JUNGIUS *cohaesivitas.*

Eine ausgebildete Korpuskulartheorie ist, wie man sieht, bei Jungius nicht zu finden, wohl aber eine Reihe klarer Gedanken, welche einer solchen vorarbeiten. Das wesentliche Verdienst von Jungius in Hinsicht auf die Entwickelung der Korpuskulartheorie ist daher in dem Einflusse zu suchen, welchen er für die Ausbreitung einer unbefangenen korpuskularen Betrachtungsweise der Natur ausgeübt hat, und zwar speziell in Bezug auf die Chemie. Es ist nicht der metaphysische Begriff des Körpers, den er erörtern will, sondern

---

Diese kann aber nach dem ganzen Stande der damaligen Korpuskulartheorie nur eine in der Natur der Atomgestalten begründete sein, nämlich eine solche Figur der Korpuskeln, dafs diese zum Zusammenhange geeignet sind; denn das, was Jungius an Stelle der Sympathie zu setzen sucht, ist Anschauung, diese aber kann er nur aus mechanischen, nicht dynamischen Vorstellungen — die noch zu fern liegen — gewinnen. Die von Wohlwill aus dem Jungiusschen Manuskript mitgeteilten interessanten Korrekturen scheinen mir gerade diese Auffassung zu bestätigen. Das, was noch zur Nebeneinanderlagerung bei der Mischung hinzukommen soll, nennt Jungius in fortschreitender Verbesserung erst *familiaritas sive affinitas*, dann *cohaesio partium*, endlich *cohaesivitas permistorum h. e. aptitudo cohaerendi.* „Diese Tauglichkeit zum Zusammenhängen" ist offenbar am einfachsten zu deuten als geeignete Oberflächengestaltung der Korpuskeln, vermöge deren sie nicht blofs eine Aneinanderlagerung, sondern eine Verknüpfung oder Verflechtung gewinnen, die der Mischung Stabilität sichert. So erscheint der Gedankengang bei Jungius in der That als ein Fortschritt von der unbestimmten Sympathie oder Verwandtschaft zu der bestimmten Anschaulichkeit eines mechanischen Zusammenhangs. Aus den angeführten Gründen kann ich mich nicht zur Beistimmung entschliefsen, wenn Wohlwill bei Jungius bereits ein Ringen nach dem Kraftbegriff und den Gedanken an Molekularkräfte sehen will. Allerdings sucht Jungius noch nach einer Bedingung der Wechselwirkung, aber nicht im Sinne eines dynamischen Zusammenhangs, sondern seine ähnlich klingenden Ausdrücke dürften nur aus der hylozoistischen Auffassung der Materie übernommen sein. Ich betrachte vielmehr die betreffenden Stellen als einen Versuch, diese ältere Auffassung zu überwinden und die mechanische Verbindung der Korpuskeln aus ihren Gestalten begreifen zu wollen, wofür auch die Berufung auf die, welche „eine syndiakritische Mischung verteidigen und jene verborgenen Formen leugnen" sprechen dürfte. Die ganze Entwickelung jener Zeit geht von der Auffassung der Materie als einer innerlich beseelten zunächst zu der gröberen, sinnlichen Vorstellung mechanischer Wirksamkeit über, und kehrt erst, nachdem es weder Descartes noch Gassendi gelungen, die Wechselwirkung der Substanzen durch Prinzipien der Mechanik zu fundieren, wieder zu dynamischen Wirkungen zurück (vgl. 5. Buch). Jungius' Denken gehört aber sicherlich jener ersten, aufsteigenden Periode an.

die einfachere und naturgemäſse Erklärung der Erscheinungen, die sich namentlich bei der chemischen Veränderung der Körper darbieten. Deswegen gehört er in die Reihe derjenigen, welche aus praktischen Rücksichten für eine physikalische Korpuskulartheorie eintreten.

Zwar hat er in der Zeit, in welcher die Korpuskulartheorie Kraft gewann, nicht durch Druckschriften in weiteren Kreisen gewirkt; aber an dem Hamburgischen akademischen Gymnasium, an welchem er 28 Jahre lang thätig war, kamen Studierende aus den verschiedensten Teilen Deutschlands zusammen, welche seine Diktate in Abschriften aufbewahrten und sicherlich in weiteren Kreisen zur Verbreitung brachten. Hier also wurde, während sonst die aristotelische Physik auf den Schulen herrschte, schon seit 1630 Korpuskulartheorie unter dem Namen der syndiakritischen Lehre getrieben. Auch seine Disputationen wurden, wie aus den Briefen seiner Schüler hervorgeht,[1] auf den Universitäten gelesen und besprochen.

Wichtig ist, daſs Schriften von JUNGIUS, gedruckte wie ungedruckte, seit 1638 durch SAMUEL HARTLIB ihren Weg auch nach England fanden und namentlich ROBERT BOYLE bekannt geworden sind.[2]

Langsamer als der Ruhm eines DESCARTES und GASSENDI verbreitete sich die Beachtung ihrer korpuskulartheoretischen Lehren in den Kreisen der Chemiker, welche vor allen geeignet gewesen wären, eine praktische Anwendung von der Korpuskulartheorie zu machen und ihre Bedeutung als physikalische Hypothese an der Erfahrung nachzuweisen. SENNERT und JUNGIUS waren hier offenbar lebhafte Förderer und deshalb von groſser Bedeutung, weil sie selbst vom praktischen Gesichtspunkte ausgingen.

Unter SENNERTS Schülern war der eifrigste Bekenner und Verbreiter seiner Korpuskulartheorie JOHANNES SPERLING (1603 bis 1658), seit 1634 Professor der Physik (resp. Medizin) zu Wittenberg, der in seinen *Institutiones physicae* den Atomen das

---

[1] Nach WOHLWILL, a. a. O. S. 66.

[2] In BOYLES Werken findet sich ein Brief HARTLIBS vom 15. Mai 1654, mit welchem er die Übersendung einer, wie es scheint, jetzt verlorenen Schrift von JUNGIUS begleitet, deren schon in einem Briefe von FLORIAN CRUSIUS vom 1. Sept. 1639 gedacht ist. Nach WOHLWILL, a. a. O. S. 30.

2. Kapitel des fünften Buches widmete.[1] Dieselben erschienen zuerst 1653 und erlebten viele Auflagen; sie waren stark verbreitet und wurden in den meisten Schulen Deutschlands den Vorlesungen zu Grunde gelegt.[2] Wie es scheint, waren sie das erste Lehrbuch in Deutschland, in welchem die Korpuskulartheorie behandelt wurde. SPERLINGS Gründe für die Korpuskulartheorie bieten übrigens nichts Neues, sondern sind durchweg aus SENNERT entlehnt.[3]

Mifstrauisch gegen die überlieferten Prinzipien der Chemiker und bekannt mit den auf Erneuerung gerichteten praktischen Bestrebungen eines SENNERT, HELMONT und JUNGIUS, zugleich aber vertraut mit den Systemen DESCARTES' und GASSENDIS, geht nun ROBERT BOYLE daran, die Chemie auf korpuskulartheoretische Hypothesen zu stützen, oder vielmehr die Korpuskulartheorie durch chemische Thatsachen zu beweisen.

Zweiter Abschnitt.

Robert Boyle.

1. Boyles Korpuskulartheorie.

Vonseiten der Chemiker, die sich mit der Analyse der Körper und insbesondere mit den Versuchen der Metallveredelung beschäftigten, war der aristotelischen Lehre unter dem Namen der hermetischen Physik seit PARACELSUS eine selb-

---

[1] *Institutiones physicae*. 6. Aufl. Wittenberg 1672. p. 714 ff.

[2] CHR. VATER, *Physiol. prooem*. p. 3, angeführt bei BRUCKER, *Hist. crit. phil.* V, p. 619.

[3] SPERLING hatte SENNERT in kräftigster Weise gegen FREITAG verteidigt: *Defensio Tractatus de origine formarum pro D. Sennerto et contra Joh. Freitag.* Wittenb. 1638. Über d. Atome I, p. 432. In einer Rezension in den *Acta Erud.* 1684, p. 473, über LAURENTII STAUSSII, Med. D. hujusque et physicae prof. *Isagoge Physica*, edit. II, Ulmae 1684, heifst es: „Saepe Sperlingii opiniones prae Peripateticis placent."

die einfachere und naturg… …gegengestellt worden. Sie
die sich namentlich bei … die Annahme unverwandel-
Körper darbieten. Desw… …s durch ihren hylozoistischen
welche aus praktischen … Materie als innerlich beseelt
Korpuskulartheorie ein… …Kraft nach dem Bilde der sich
Zwar hat er in … …e Natur verlegte.
theorie Kraft gewann… …ysik, sowohl der aristotelischen
Kreisen gewirkt: al… …n Formen, als derjenigen der
Gymnasium, an we… …rkungsweise der Natur sich nach
Studierende aus … …orstellten, tritt als gemeinsamer
sammen, welche … die mechanische Naturauffassung
und sicherlich i… …und GASSENDI systematisiert hatten,
Hier also wurd… …er praktischen Naturforscher seine
den Schulen … …s (1626/27—1691), der geradezu als
unter dem Na… …en Forschers der neuen Zeit bezeichnet
seine Disput…
hervorgeh…[1] … im Experiment, in der Feststellung
Wichti… …r ist nicht so einseitig, in der bloſsen
ungedru… …chen Wissens die Aufgabe der Wissen-
nach Eng… verlangt nach Theorie und erblickt in
geword… …durchschlagende Mittel, die Notwendig-
Lan… …n und mechanischen Hypothese darzuthun.
verbre… …e enge Begrenzung dieser physikalischen
Lehre… …bei klar: er will nicht weitergehen, als es
eign… …urerscheinungen erfordert und lehnt wieder-
Kor… …setzungen im einzelnen ab. Dennoch ist
kali… …ger und konsequenter Denker, als daſs er
und … …issenschaft eine andre Grundlage der Welt-
hal… …chen möchte, als sie im sittlichen und reli-
Ge… …fordert wird. Er ist daher ein Gegner des
… …n echter Frömmigkeit sowohl wie von streng-
V… …erfüllt, sucht er nach einer Versöhnung.
I… …hm hier willkommen entgegen: und so bildet
I…

… …e natura, Genev. 1688. p 10, 11.
… vgl. besonders H. KOPP, Gesch. d. Chem. I S. 163 ff u.
… 164 ff. S. auch F. A. LANGE, Gesch. d. Mater. I S. 255 ff.
… …iften s. bei POGGENDORFF, Handw. S. 267 f. u. HELLERS,
… beziehen sich auf die lateinischen Ausgaben, welche
… …er bei S. DE TOURNES in Genf erschienen sind.

er sich aus Decartes' Physik und aus Gassendis Metaphysik eine Art eklektischer Theorie, die seinem Gemüte wie seinen Neigungen als Chemiker und Physiker gleich entsprach. Dennoch wollte er ebensowenig schlechtweg als Atomist wie etwa als Helmontianer gelten.[1]

Das Wort „Natur“ wird in sehr vielen Bedeutungen gebraucht, und es entstehen daraus Übelstände, welche vermieden würden, wenn man das richtige und bezeichnende Wort dafür einsetzte. Boyle konstatiert eine Reihe dieser Zweideutigkeiten.[2] Wenn man von der Natur als schaffender Kraft spricht, so sollte man dafür lieber direkt „Gott“ sagen. In andern Fällen bedeutet Natur das Wesen eines Dinges (essentia, quidditas), oder die ursprüngliche Beschaffenheit und Konstitution; oder das Wort steht für eine scheinbar spontane Bewegung, welche aus einem inneren Prinzipe folgt. Wieder in einem andern Sinne bezeichnet Natur den geordneten Zustand der körperlichen Dinge; dann sollte man lieber von dem festen Naturlauf sprechen; oder es bedeutet die Summe aller auf den Körper (namentlich den lebenden) sich beziehenden Einflüsse (Potenzen); das ist richtiger die Konstitution, Beschaffenheit oder der Mechanismus oder der Komplex aus den wesentlichen Eigenschaften, Bedingung, Textur, Struktur; im allgemeineren Sinne: Weltgetriebe, System des Universums, kosmischer Mechanismus; auch sagt man wohl schlechtweg Natur statt Universum oder Welt. Durchaus zu verwerfen aber sind alle jene Redensarten, in denen die Natur personifiziert erscheint. Hierhin gehören Sätze wie: Die Natur ist höchst weise, ihr Werk ist das Werk der Intelligenz; sie thut nichts vergeblich, verfehlt nicht ihr Ziel, bewirkt stets das Beste und auf dem kürzesten Wege, thut nichts Überflüssiges und läfst nichts Notwendiges fehlen, sie erhält sich vollständig selbst; die Natur heilt Krankheiten, sorgt für die Erhaltung des Universums und verabscheut den leeren Raum. Boyle untersucht ausführlich, in welchem Sinne vom Standpunkte der mechanischen Naturauffassung obigen Redensarten eine Bedeutung zukommt.

Nach seiner Ansicht ist die Natur lediglich ein Aggregat

[1] *Chemista scepticus* etc. Genev. 1680 p. 127.
[2] *De ipsa nat.* p. 10 ff.

von Körpern; die Form der Welt bilden diese Körper, insofern ihr Aggregat als das Prinzip betrachtet wird, kraft dessen sie aufeinander nach Bewegungsgesetzen einwirken, die vom Schöpfer der Natur gegeben sind. Die Natur ist daher die Gesamtwirkung der Weltmaterie oder körperlichen Weltsubstanz in Hinsicht auf ihre zur gegenwärtigen Weltbildung geeignete Gestaltung, dergemäfs die Gesamtheit der Körper nach festen Bewegungsgesetzen in Wechselwirkung begriffen ist. Die Natur ist also kosmischer oder Weltmechanismus. In einem spezielleren Sinne ist sie individueller Körpermechanismus, als besondere Natur des Einzelkörpers; nämlich ein gewisses Zusammentreffen mechanischer Wirkungen von Masse, Gestalt, Ordnung, Lage, Gefüge, Ortsbewegung wahrnehmbarer oder unwahrnehmbarer Teile, durch welche der betreffende, besondere Körper nach Eigenart und Benennung bestimmt wird, insofern das Zusammentreffen aller dieser Einwirkungen als Prinzip des Körperverhaltens betrachtet wird.[1]

Boyle vergleicht wiederholt sowohl den Gesamtlauf der physischen Welt als auch den einzelnen Organismus und den Körper des Menschen mit einem Uhrwerk, in welchem jeder Vorgang nach mechanischen Gesetzen geregelt ist. Wenn man auch noch nicht alles nach mechanischen Prinzipien zu erklären versteht, so darf man doch in keinem Falle zu dem unbestimmten Begriffe der „Natur“ als einer unbekannten helfenden Macht seine Zuflucht nehmen. Nicht die Annahme von Engeln, welche die Weltkörper bewegen, vermag die komplizierten und doch regelmäfsigen Bewegungen der Sonne und der Planeten zu erklären, während dieselben jedem sogleich vollständig klar werden, welcher mit der Mathematik genügend vertraut ist.[2]

Ebensowenig wie die geheimnisvolle Kraft der „Natur“ sind die „substanziellen Formen“ des Aristoteles zur Erklärung der Naturerscheinungen geeignet. Eine Reihe von Boyles Schriften beschäftigt sich damit, die substanziellen Formen auf Grund der physikalischen Erfahrung zurückzuweisen; es sind insbesondere die chemischen Veränderungen der Körper und die hydrostatischen und aërostatischen Erscheinungen, an

[1] *De ipsa nat.* p. 21. — [2] *De ipsa nat.* p. 95, p. 101.

denen gezeigt wird, daſs mit den substanziellen Formen bei ihrer Erklärung gar nichts auszurichten ist. Man weiſs nicht einmal zu sagen, was eigentlich eine substanzielle Form ist; die Zurückführung der unbekannten Ursache einer Erscheinung auf die substanzielle Form derselben heiſst nur, etwas Unbekanntes durch etwas noch weniger Bekanntes erklären.[1]

Was man die substanzielle Form eines Körpers nennt, muſs vielmehr betrachtet werden als der besondere Zustand der Materie oder diejenige Modifikation, wodurch sich der Körper von andern unterscheidet.[2] Jede solche Unterscheidung aber besteht nur in der besonderen Zahl, Form und Ordnung der materiellen Teile. Ausgenommen allein ist diejenige Form, welche man die rationale Seele nennt;[3] diese ist nicht mechanisch zu erklären. Alle übrigen Eigenschaften müssen jedoch mit Hilfe der Korpuskularphilosophie erklärt werden, auch die subordinierten Formen von SENNERT und ZABARELLA.[4] Hierbei will sich BOYLE weder an DESCARTES noch an GASSENDI ganz anschlieſsen, was die Behandlung der Qualitäten betrifft, namentlich bei ersterem hänge diese Behandlung zu sehr mit seinem ganzen philosophischen Systeme zusammen. Für BOYLE kommt es nicht darauf an, ob die Korpuskeln unteilbare Atome sind oder noch weiter zerbrechlich, ob ihnen eine Bewegung ursprünglich zugehört, ob das Wesen der Körper in der Ausdehnung bestehe, ob das Vacuum unmöglich sei, oder ob es eine solche feine Materie gebe, wie sie von den Cartesianern zur Erklärung der Naturerscheinungen angewendet wird. Daſs diese und andre Begriffe eingeführt werden, hält er für ebenso absurd als überflüssig; er will die Anhänger der Korpuskulartheorie (Corpuscularios) im allgemeinen vertreten und in die Elemente ihrer Lehren einführen, aber für keine ihrer Parteien sich ereifern. Auch die aus der Natur der belebten Wesen hergenommenen Gründe will er daher ausschlieſsen, und ebenso alle theologischen; er will nur als Physiker auftreten. Doch will er dabei durchaus nicht die ausgezeichneten Autoren unterschätzen, welche berufsmäſsig gegen ARISTOTELES streiten

[1] *Origo formarum et qualitatum juxta philosophiam corpuscularem considerationibus et experimentis illustrata.* Genev. 1688 p. 42.
[2] *Or.* p. 29. — [3] *Or.* Praef. p. (3). — [4] *Or.* p. 66.

(LUKREZ, VERULAM, BASSO, DESCARTES und seine Schüler, GASSENDI, die beiden BOOT,[1] MAGNENUS, PEMBELIUS,[2] HELMONT), und er ist sich wohl bewufst, wie viel er ihren Gedanken und Beweisgründen verdankt, namentlich aber dem *Syntagma philosophiae Epicuri* des GASSENDI. Lieber jedoch will er Experimente und Fragen vorbringen, als kühne Behauptungen und Lehrmeinungen.[3]

In seiner eigenen Korpuskulartheorie geht nun BOYLE von folgenden Voraussetzungen aus.[4]

Es gibt eine einzige und allgemeine Materie, welche allen Körpern gemeinsam ist. Sie ist eine ausgedehnte, teilbare und undurchdringliche Substanz. Bei der Gleichartigkeit und Einheit dieser ursprünglichen Materie kann die empirische Verschiedenheit der Körper nicht aus der Materie stammen, sondern sie mufs auf Accidentien der Körper beruhen, durch welche die Materie bestimmt wird. Als diese primäre Modifikation oder Affektion der Materie ist die Bewegung zu betrachten, welche weder am Wesen der Materie etwas ändert, noch selbst ihren Ursprung aus andern Modifikationen hat, sondern vielmehr selbst erst alle Veränderung hervorbringt. Der Ursprung der Bewegung selbst ist auf Gott zurückzuführen, welcher ihr dieselbe in bestimmter Ordnung nach seiner Weisheit erteilt hat, so dafs nunmehr innerhalb der Welt nur die mechanischen Gesetze Geltung haben. Die allgemeine Materie ist also differenziert durch die räumliche Bewegung, indem durch letztere Teile in der ersteren unterschieden und getrennt werden. Jeder durch die Bewegung von einem andern unterschiedene Teil mufs als solcher endlich und aktuell bestehen und notwendig Gröfse und Gestalt besitzen. Unter

---

[1] ARNOLD (1606—1650) und GERHARD (1604—1650) DE BOOT, zwei Brüder. Letzterer gab heraus *Philosophia naturalis reformata*, Dublin 1641.

[2] WILLIAM PEMBLE, geb. zu Egerton in Kent 1592, schrieb *De formarum origine.*

[3] *Or.* Discursus prooemialis. Vgl. auch die Vorrede der wichtigen Abhandlung über den Salpeter: *Specimen unum atque alterum* e quibus constat, quantopere experimenta chymica philosophiae corpuscularis illustrationi inserviant. — *Chem. scept.* praef. introd. — *Or.* p. 44.

[4] *Or.* p 2 ff. p. 28. — *Introductio ad historiam qualitatum particularium.* Genevae 1680 p. 8 ff. — *Chem. scept.* p. 13.

der Gröfse (magnitudo) ist nicht blofs die Quantität im allgemeinen zu verstehen, sondern eine bestimmte, für den betreffenden Teil charakteristische und unveränderliche Gröfse, die jedoch im allgemeinen eine sehr geringe ist. Die Erfahrung, namentlich die chemische, zeigt, dafs diese Teilung in so kleine Korpuskeln oder Partikeln erfolgt ist, dafs dieselben unter den Grenzen der sinnlichen Wahrnehmung bleiben. Dennoch kommt sowohl den feinsten Fragmenten ebensogut wie den grofsen Massen der allgemeinen Materie Gröfse und Gestalt zu. Da nämlich jedes von diesen Teilchen durch seine bestimmte Bewegung von den andern getrennt ist, welche sich ebenfalls bewegen oder von denen auch einige in Ruhe bleiben, so ist mit der Gröfse auch eine ganz bestimmte Gestalt für jedes Teilchen gegeben, und es gibt demnach im ganzen überhaupt nur drei Grundeigenschaften aller Materie, nämlich Gröfse, Gestalt und Bewegung (resp. Ruhe).

Diese Grundeigenschaften reichen aus, das Verhalten der Körperwelt zu erklären und die sinnlichen Eigenschaften aus ihnen abzuleiten.

Denkt man sich das ganze Universum bis auf einen einzelnen Körper, etwa ein Stück Metall oder einen Stein, vernichtet, so ist nicht abzusehen, wie in diesem Körper, er sei was er wolle, etwas andres physisch bestehen könne, als Materie und die obigen Accidentien.[1] Die sinnliche Qualität kommt der empfindenden Seele zu; denkt man diese fort, so bleiben nur Dispositionen der Materie übrig. Wenn man einen lebenden oder toten Menschen mit einer Nadel in den Finger sticht, so ist der physische Vorgang in beiden Fällen derselbe; aber obwohl die Nadel beide Male gleich scharf und zum Eindringen geeignet ist, tritt die Schmerzempfindung doch nur bei dem Lebenden, nicht bei dem Toten ein, weil diesem die Seele und somit die *facultas perceptiva* fehlt.[2] So würden, wenn es keine sinnlich wahrnehmbaren Körper gäbe, die Körper, welche jetzt Gegenstände unserer Sinne sind, nur der Anlage nach Farbe, Geschmack u. s. w. besitzen, nichtsdestoweniger aber thatsächlich die allgemeinen Beschaffenheiten der Gestalt und Bewegung der Teilchen. Aus ihnen sind die

[1] *Or.* p. 12. — [2] *Or.* p. 15.

sinnlichen Qualitäten verstandesgemäfs (intelligibiliter)[1] abzuleiten. Eigenschaften sind nichts andres als Korpuskeln, welche Eigenschaften besitzen oder vielmehr geeignet sind, sie dort hervorzurufen, wo sie eindringen oder überströmen.[2] Um nun die aufserordentlich grofse Verschiedenheit der sinnlichen Eigenschaften aus der entsprechenden Verschiedenheit der Körper zu erklären, hat man noch die sekundären Accidentien zu berücksichtigen, welche eine Folge der ursprünglichen Teilung der Materie in gesonderte Korpuskeln durch die Bewegung sind.

Die Korpuskeln oder Partikeln, wie man diese Teile der Materie nennt, haben nämlich, und zwar die ganz kleinen ebenso wie die gröfseren Massen des Stoffes, eine bestimmte örtliche Beziehung zu andern Körpern, infolge deren jedes dieser kleinen Bruchstücke erstens eine bestimmte Lage oder Stellung (Position) für sich besitzt, nämlich lotrecht, schief oder horizontal, und zweitens im Verhältnis zu den andern eine bestimmte Ordnung oder Folge, wie die Buchstaben in einem Worte (von vorn, von hinten, seitlich); diese beiden Eigenschaften bedingen einen gewissen Modus der gemeinsamen Existenz, welcher die Textur des Körpers heifst, und mit einem umfassenderen Ausdruck Modifikation genannt wird. Je nachdem diese verschiedenen Modifikationen den menschliche Sinnesorganen entgegentreten, erregen sie in diesen Bewegungen, welche als Wahrnehmungen empfunden und ihrer Verschiedenheit nach als Farbe, Geruch u. s. w. benannt werden.

Die Wechselwirkung der Korpuskeln gestaltet sich nun in aufserordentlich mannigfaltiger Weise. Man hat hierbei Korpuskeln erster und zweiter Ordnung zu unterscheiden, ferner die von ihnen gebildeten Poren und die sie erfüllenden Effluvien zu beachten.

Es gibt unzählige Korpuskeln, als einzelne sämtlich für die Sinne unwahrnehmbar, von den verschiedenartigsten Gestalten, welche die kleinsten und ersten Naturkörper sind.

---

[1] *Chem. scept.* p. 128.

[2] *Tractatus* in quibus continentur *Suspiciones de latentibus quibusdam qualit. aëris* etc. Genev. 1680 p. 1.

Vermöge ihrer mannigfaltigen Gestalten sind sie geeignet, sich aneinander zu hängen und wechselseitig zu verschlingen, so daſs sie dauerhafte und schwer lösliche Gruppen bilden, Korpuskeln zweiter Ordnung, welche als ursprüngliche oder primäre Konkretionen bezeichnet werden können. Sie sind die eigentlichen Grundbestandteile oder Elemente der Dinge, aus denen die sinnlichen Körper sich zusammensetzen, selbst aber noch durchaus unterhalb der Grenzen der sinnlichen Wahrnehmung. Man kann nicht sagen, daſs sie absolut unteilbar wären, aber die primären Partikeln hängen in ihnen so genau und festgefügt zusammen, daſs sie nur selten brechen und sich wirklich auflösen, sondern als Ganze von verschiedener Form und Gestalt in den Körpern verharren. Sie sind also gewissermaſsen die unmittelbaren Ursprünge (semina et immediata principia) der verschiedenen Gattungen der Naturkörper (wie Erde, Wasser, Salz u. s. w.), einzeln genommen unmerklich, aber in ihrer Vereinigung die Sinne afficierend. Sie werden auch kleine Massen (minutae massulae), Trauben (racemi) oder Ästchen (ramuli) genannt.[1]

Diese Korpuskeln der Elemente (welche also selbst schon zusammengesetzt [Molekeln] sind) können sich nun ihrerseits wieder mischen und bilden alsdann die zusammengesetzten Körper oder die Mischungen (mixtura, chemische Verbindung). Dies ist der Weg, auf welchem die chemischen Veränderungen der Körper zustandekommen. Die Mixtur unterscheidet sich von der Textur durch die Mannigfaltigkeit der miteinander verbundenen Teilchen; in der Mischung sind immer Teilchen verschiedenartiger Körper enthalten, während in der Textur keine heterogenen Teilchen enthalten zu sein brauchen, sondern dieselbe auch von gleichartigen Korpuskeln gebildet werden kann. Diejenigen Körper, welche man bei der chemischen Zerlegung erhält, brauchen nicht mit den Grundbestandteilen identisch zu sein, sondern bilden sich in vielen Fällen erst bei der Analyse aus den Korpuskeln der in den zerlegten Körpern enthaltenen Stoffe. In welcher Weise die verschiedenen Arten der Körper auseinander zu halten sind, hat noch kein Physiker in genügender Klarheit dargelegt.

[1] *Or.* p. 21. — *Introd. ad hist. qual.* p. 9. — *Chem. scept.* p. 14.

Gewöhnlich hat man diejenigen Körper für verschiedene Arten gehalten, denen man verschiedene Namen beigelegt hat, obwohl viele von diesen sich untereinander weniger unterscheiden, als solche, welche man unter demselben Namen zusammenfaſst. Gehört z. B. Wasser und Eis zu derselben Art? Oder Most, Wein, Weingeist, Essig, Weinstein und kahmiger Wein? Wie steht es mit Ei und Küchlein? Oder mit Holz, Asche und Ruſs?[1] Es fehlt noch an einem charakteristischen Merkmal für die Unterscheidung der Arten der Körper.

Wie die Bewegung als ursprüngliches Accidens der Materie Gröſse, Gestalt und Lage der Teilchen bedingt, so erzeugt sie auch die gegenseitige Wechselwirkung der Korpuskeln. Daſs ein Körper, obwohl er aus Korpuskeln bestimmter Art besteht, doch so mannigfaltige Wirkungen zeigen kann, erklärt sich daraus, daſs er nicht für sich isoliert ist, sondern immer unter dem Gesamteinflusse aller andern steht. Kein Teil der Materie, welcher Ordnung der Zusammensetzung er auch angehöre, darf betrachtet werden als im Leeren befindlich, oder auch bloſs in Beziehung zu den benachbarten Körpern, sondern er hat seine Stelle im Universum, das in der Gemeinschaft einer unzähligen Menge andrer Körper begründet ist, welche alle, nah und fern, groſs und klein, in allen möglichen Arten wirken und doch alle gelenkt werden von dem allgemeinen Weltgetriebe und von den Gesetzen der Bewegung, wie sie der Schöpfer der Natur in diesem Universum geordnet hat.[2] In dieser ursprünglichen Bestimmung muſs man die Ursache der Ordnung in der Welt und der Zweckmäſsigkeit der organischen Wesen sehen, nicht mit den alten Atomisten in einem blinden Spiele des Zufalls. Man hat vielmehr Grund anzunehmen, daſs der allweise Urheber der Natur nicht nur der Materie die Bewegung gegeben hat, sondern, als er die Schöpfung der Welt beschloſs, auch die Partikeln der allgemeinen Materie in gewisser Ordnung so geführt hat, daſs er ihre gröſseren Systeme in die vorgeschriebenen Klassen brachte, und daſs er speziell gewisse kleine Partien dieser Materie abschied, zu keimartigen Anfängen bestimmte und in geeigneten Behältnissen gleichwie im Mutterschoſse aufnahm, andre aber in den Pflanzen

[1] *Or.* p. 47. — [2] *Introd. ad hist. qual.* p. 9.

und Tieren verteilte. Nachdem aber einmal die Welt geschaffen, hat sie der Philosoph als Uhrwerk zu betrachten. Was auch dann immer für Phänomene sich darbieten, so sind sie durch Zahl, Gröfse, Verhältnis, Gestalt, Bewegung oder Bewegungsantrieb und Ruhe, genaue Zusammenfügung und die andern mechanischen Affektionen der Elasticität, Rädchen, Schräubchen, und ihrer Bestandteile zu erklären.[1] Wenn man, wie doch die meisten „Naturisten“ thun, mit DESCARTES die Erhaltung der Bewegung und Masse zugibt, so ist damit ausgeschlossen, dafs die Natur neue Bewegungen von selbst hervorbringe. Wäre dies möglich, so müfste die Quantität der Bewegung im Universum in einigen tausend Jahren notwendig vermehrt werden und immer mehr zunehmen. Dies würde die gesamte Bewegungstheorie verwirren und zur Erklärung der Körperphänomene untauglich machen.[2] Man mufs sich also auf das fertige Weltgetriebe beschränken.

Man braucht nicht zu befürchten, in Betracht der unübersehbaren Mannigfaltigkeit der Erscheinungen mit der Korpuskulartheorie in Verlegenheit zu kommen; die Gestalten und die Bewegungen der Korpuskeln bieten eine ausreichende Auswahl verschiedenster Formen dar. Abgesehen von der Gröfse der Korpuskeln, welche man beliebig klein annehmen kann, steht die ungeheure Anzahl der regelmäfsigen und unregelmäfsigen stereometrischen Figuren zur Verfügung. Die Mannigfaltigkeit dieser Gestalten mit ihren Zacken, Haken und Ästchen ist so grofs, dafs jede Aufzählung und Benennung unmöglich ist. Man denke nur an die Figuren, welche ein geschickter Arbeiter den Bruchstücken des Eisens zu geben vermag, und von denen nur einige genannt werden mögen, als da sind: Röhren, Gabeln, Schwerter, Haken, Ambofs, Hämmer, Feilen, Schabeisen, Meifsel, Schrauben, Winden, Sägen, Bohrer u. s. w. In gleicher Weise können die Bewegungen der Korpuskeln verschieden sein. Sie können sich geradlinig nach den verschiedensten Richtungen, oder krummlinig in den verschiedensten Kurven bewegen, fortschreitend, rotatorisch oder undulatorisch, als Ganzes oder in ihren einzelnen Teilen.[3] Zu

[1] *Or.* p. 45. — [2] *De ipsa nat.* p. 99, 100.
[3] *Introd. ad hist. qual.* p. 10.

den Bewegungen, welche die Teile eines Körpers für sich besitzen, kommen nun aber noch die Einwirkungen, welche die Körper gegenseitig aufeinander ausüben. Hier spielen die Poren und die Effluvien eine maſsgebende Rolle.

In einer besonderen Schrift[1] weist Boyle aus zahlreichen physikalischen und chemischen Versuchen nach, daſs alle Körper, auch die festen, zahlreiche Poren von verschiedener Gestalt besitzen, in welche die Effluvien andrer Körper einzudringen vermögen. Diese aus sehr kleinen Teilchen bestehenden Ausdünstungen bilden die Vermittler der Körperwelt. Auch harte und feste Körper senden Effluvien aus und bilden dadurch um sich eine Atmosphäre. Dies läſst sich sowohl aus den atomistischen wie aus cartesischen Hypothesen ableiten und ergibt sich sogar aus den Annahmen des Aristoteles.[2]

Der empirische Beweis hierfür wird geführt 1. aus der wunderbaren Ausdehnbarkeit gewisser Körper, die, wie z. B. Gold, in auſserordentlich feine Teile geformt werden können, welche dennoch den Tastsinn affizieren; 2. aus der Menge der sichtbaren Korpuskeln, welche auch von einer ganz geringen Menge von Materie noch dargeboten werden können; 3. aus der Kleinheit der Poren, in welche die Effluvien einiger Körper einzudringen vermögen; 4. aus der geringen Abnahme an Masse und Gewicht, die ein Körper erleidet, trotz der Aussendung einer groſsen Menge von Effluvien; 5. aus der groſsen Raumausdehnung, welche eine kleine Menge von Materie bei ihrer Verdünnung oder Zerstreuung noch sinnlich wahrnehmbar erfüllen kann.[3] Alles dies wird durch viele Erfahrungsthatsachen belegt, deren Aufzählung hier zu weit führen würde. Es sei nur auſser der Ausdehnung von Gold und Silber (*ad* 1) noch die Ausspinnung des Seidencocons erwähnt, ferner (*ad* 2) die Beobachtung, daſs Kupfer einer ammoniakalischen Lösung, in welcher nur der 28534. Teil des Gewichtes enthalten ist, noch eine merklich blaue Färbung erteilt, was in Bezug auf das

[1] *Tentamen porologicum* sive ad porositatem corporum tum animalium tum solidorum detegendam. Genev. 1686.

[2] *Exercitationes de atmosphaeris corporum consistentium* etc. Genev. 1680. p. 2.

[3] *De atm. corp. consist.; Exercitatio de mira subtilitate effluviorum* p. 2.

Volumen sogar nur den 256806. Teil ausmacht.[1] Auch die Kleinheit der unter dem Mikroskop erscheinenden Organe des *Acarus casearius* wird hier beigezogen.[2] In Bezug auf die Feinheit der Poren wird an die magnetischen Effluvien erinnert und durch einen Versuch mittels eines in einer Glasröhre eingeschlossenen Eisenstabes nachgewiesen, daſs die magnetischen Effluvien der Erde selbst das Glas durchdringen und den Stab, offenbar durch die Einwirkung des Erdmagnetismus, magnetisieren, so daſs er (wieder durch das Glas hindurch) die Magnetnadel ablenkt.[3] Mehr als hundert Gran Ambra, welche auf einer empfindlichen Wage äquilibriert waren und einen groſsen Raum durchdufteten, zeigten nach drei und einhalb Tagen noch keine Abnahme an Gewicht (*ad* 4), während die feine Witterung der Hunde und die langandauernde Wirkung von Affektionsstoffen u. a. Beispiele (*ad* 5) von der auſserordentlichen räumlichen Erstreckung der Effluvien darbieten.[4]

Die staunenswerte Wirksamkeit der Effluvien ist zu erklären 1. aus der groſsen Zahl der emittierten Korpuskeln, 2. aus der durchdringenden Natur derselben, 3. aus ihrer Geschwindigkeit und andren Modifikationen ihrer Bewegung, 4. aus der Übereinstimmung oder Nichtübereinstimmung ihrer Gröſse und Gestaltung mit den Körpern, auf welche sie wirken sollen, 5. aus der gegenseitigen Bewegung der Teile, welche sie in dem Körper nach Maſsgabe seiner Struktur erregen, endlich 6. aus der Kraft, welche es möglich macht, daſs die allgemeinen Agentien des Universums sie unterstützen.[5]

Bevor wir von den allgemeinen Voraussetzungen Boyles in der Korpuskulartheorie zu seinen Anwendungen in der speziellen Chemie und Physik übergehen, sei noch eines Einwandes gegen die Korpuskulartheorie gedacht, welchen Boyle ausführlich zurückweisen zu müssen glaubt. Dieser Einwand besteht in folgender Überlegung. Wenn zwei Körper in einer Eigenschaft übereinstimmen, und diese, nach Ansicht der Korpuskulartheoretiker, nur von der Struktur der Körper abhängen

[1] *Exerc. de mira subtil. effluv.* c. 3 p. 9.
[2] A. a. O. p. 7. — [3] A. a. O. p. 11, 12.
[4] A. a. O. p. 15. — Introd. ad hist. qual.: *Suspiciones cosmicae* p. 1 ff.
[5] De atm.: *Exerc. de insigni efficacia effluviorum.* p. 43.

soll, so mufs demnach die Struktur der beiden Körper dieselbe sein; dann aber müfsten die Körper, weil von gleicher Struktur, in allen Eigenschaften übereinstimmen, wenn diese allein die Eigenschaften bestimmt.[1] Wenn z. B. die weifse Farbe des Schaumes von der Menge und sphärischen Figur der vereinigten Blasen abhängt, müfsten nicht alle weifsen Körper so konstruiert sein, und wie können weifse Körper sonst so sehr verschiedene Eigenschaften zeigen?

Auf diesen nicht ganz leicht zu widerlegenden Einwand ist Verschiedenes zu bemerken. Zunächst ist denkbar, dafs in den Poren der sichtbaren Körper unsichtbare Korpuskeln verborgen sind, welche nicht eigentlich zur Struktur des Körpers selbst gehören und also zu den aus der Struktur sich ergebenden Eigenschaften andre hinzufügen können, wie dies namentlich bei manchen Gerüchen der Fall sein dürfte. Vor allem aber ist zu erwägen, dafs ihrem Wesen nach sehr verschiedene Korpuskeln durch angemessene Lagerung Eigenschaften hervorzubringen vermögen, welche als gleichartig erscheinen, dafs also dieselbe Eigenschaft in verschiedenen Körpern verschiedene Ursachen haben kann, während andrerseits bei im ganzen gleichbleibender Struktur durch innere Abänderungen, welche die Struktur nicht wesentlich beeinflussen, neue Eigenschaften auftreten. Denn eine Änderung der Gestalt, der Oberfläche oder Lage der Korpuskeln kann neue Eigenschaften erzeugen, ohne die ursprünglichen des Körpers aufzuheben, indem das Wesentliche der Textur sich erhält. So behält z. B. das Eisen, wenn es gehämmert wird, seine Struktur insofern, als es noch alle wesentlichen Eigenschaften des Eisens zeigt, gewinnt doch aber neue, namentlich die starke Erhitzung. Die Rauheit der Körper z. B. hängt von dem Hervorragen vieler spitzen Teilchen an der Oberfläche ab, und kann daher, ebenso wie die Glätte, an Körpern hervorgebracht werden, die im Übrigen, wie Eisen, Silber, Holz, sehr verschiedene Struktur besitzen. Zu solchen „aufserwesentlichen" Eigenschaften der Körper gehört auch die Wärme. Zur Hervorbringung der weifsen Farbe ist nichts weiter erforderlich, als dafs das Licht von den Korpuskeln reichlich und ungetrübt zurückgeworfen

[1] *Introd. ad hist. qual.* c. IV p. 12.

werde, daher kann sie bei den verschiedensten Körpern unbeschadet ihrer eigenen Struktur auftreten. Auch hängt ja, wie schon öfter erwähnt, die Erzeugung der Qualitäten nicht von dem betreffenden Körper allein, sondern von seiner Lage als Teil des Universums überhaupt ab. Es stehen also der Korpuskulartheorie genügende Mittel zu Gebote, um sowohl den Wechsel der Eigenschaften an demselben Körper als das Auftreten derselben Eigenschaften an verschiedenen Körpern ausreichend zu erklären.

2. Anwendung und Begründung in der Chemie.

Die allgemeinen Grundlagen der ausgeprägten mechanischen und korpuskularen Theorie der Materie bei BOYLE werden von ihm durch eine überreiche Fülle von Beispielen illustriert und auf die speziellen Teile der Naturwissenschaft in Chemie, Physik und Medizin angewendet. Vor allem liegt ihm die wissenschaftliche Begründung der Chemie am Herzen, deren Möglichkeit ihm allein durch die Korpuskulartheorie gewährleistet scheint, wie ihm andrerseits die Chemie die sichersten Beweise für die Notwendigkeit der korpuskularen Hypothese darbot. Daher ist sein Hauptbestreben darauf gerichtet, die Korpuskulartheorie dem Chemiker annehmbar zu machen, und die ganze Art seiner Darstellung ist für das Interesse des praktischen Chemikers und Physikers eingerichtet, dem er die Hypothesen der Philosophen, ohne sich an eine Schule zu binden, zugänglich machen will. Er glaubt daher, daſs die Meinungen, in welchen DESCARTES und GASSENDI von einander abweichen, nicht verhindern, daſs man ihre Lehren ihrem gröſsten Teile nach als in Übereinstimmung betrachte, und daſs für die Begründung der Chemie auf die Korpuskulartheorie die Berufung auf das hinreiche, was sie gemeinsam haben. Er hofft, daſs die Chemie mit Ablegung der Vorurteile und Anmaſsungen der hermetischen Kunst einen neuen Aufschwung gewinnen werde und, wenn auch nicht zur Auffindung des Elixir, so doch zur Förderung der Herrschaft und Naturerkenntnis des Menschengeschlechts viel beitragen werde.[1] Nicht

[1] *Spec. unum atque alt.* Praef. — In der Vorrede zum *Chemista scepticus* konstatiert BOYLE, daſs sich schon eine gröſsere Achtung vor der Chemie zu

die Metallveredlung oder die Herstellung von Heilmitteln soll die Aufgabe der Chemie sein, sondern sie soll lediglich zum Zwecke der Erkenntnis als selbständige Wissenschaft getrieben werden.

BOYLES Verdienste um die experimentierende Chemie gehören in die Geschichte dieser Wissenschaft und können hier nicht aufgezählt werden. Von Wichtigkeit für die Lehre von den Grundbestandteilen wurde die Förderung, welche die Mittel der Analyse durch BOYLES umfangreiche Thätigkeit erhielten. Er erweiterte wesentlich die Kenntnis der Reagentien und lehrte ihren systematischen Gebrauch kennen, und er betonte namentlich die Vorteile, welche der sogenannte nasse Weg durch Säuren und Lösungsmittel vor dem trockenen durch Feuer besitze. Die Analyse auf trocknem Wege hatte die Chemiker zur Aufstellung der Grundsubstanzen *Sal*, *Sulfur* und *Mercur* geführt; denn das Verhalten der Körper gegenüber dem Feuer und die Bestandteile, in welche sie durch dasselbe aufgelöst wurden, waren für diese Substanzenlehre entscheidend. Dem gegenüber zeigt BOYLE, dafs nicht allein das Feuer keineswegs das wirksamste Agens zur Zerlegung der Körper sei, sondern auch, dafs die dadurch erhaltenen Resultate durchaus nicht diejenigen Bestandteile zu sein brauchen, welche den Körper wirklich zusammensetzten. „Es ist keineswegs so unzweifelhaft, als ARISTOTELES und die Spagiriker annehmen, dafs eine durch Feuer vom Körper getrennte Substanz als Element in ihm in derselben Form präexistiert habe, wie wir sie nach der Trennung finden."[1] Es werden auch durch das Feuer aus demselben Körper ganz verschiedene Stoffe ausgeschieden, je nach den Graden und der Dauer der Hitze, welche man anwendet, und je nachdem die Körper bei freiem Luftzutritt oder im geschlossenen Destillationskolben erhitzt werden. Andre Mittel der Analyse, als das Feuer, z. B. die Säuren, führen auch auf andre Zersetzungsprodukte. Endlich sind die durch Feuer ausgeschiedenen Substanzen keineswegs homogen.[2]

---

zeigen beginne. Mehrere philosophische Begriffe der Chemiker seien von der Physik und Medizin aufgenommen worden, aber man solle sich nur hüten, auch die Lehre von den drei Grundsubstanzen aufzunehmen.

[1] *Chem. scept.* p. 26. Dieselbe Ansicht s. bei JUNGIUS, II S. 255.

[2] *Chem. scept.* p. 69 ff.

Ist schon der empirische Beweis für die Grundsubstanzen wertlos, so nützen sie auch wenig in der Theorie, da sie nichts zu erklären vermögen. Wie die Farben aus ihnen entstehen sollen, darüber herrscht Uneinigkeit bei den Chemikern. Die meisten schreiben sie dem Merkur zu, Paracelsus dem Sal, Sennert — „ein Autor, den ich übrigens sehr hoch schätze“ [1] — dem Sulfur.[2] Dagegen kann man schon an der Wirkung des Prismas sehen, daſs die Gestalt und nicht die chemische Zusammensetzung der Körper für die Farben maſsgebend ist. Indessen mag es wohl sein, daſs man aus der gröſsten Zahl der Körper gewisse Substanzen, ob nun drei, vier, fünf, mehr oder weniger, durch das Feuer wirklich erhalten könne, welche besondere Benennungen verdienen und wohl auch Elemente oder Prinzipien genannt werden können; aber ihre Anzahl ist weder bestimmt, noch sind sie die letzten Bestandteile der Körper. Diese sind vielmehr durchaus in den Korpuskeln zu sehen (s. o. S. 269).

Am überzeugendsten für Boyle selbst, und daher als Fundamentalversuch zum Beweise der Korpuskulartheorie immer wieder von ihm hervorgehoben, waren diejenige Experimente, welche es ermöglichen, einen Körper in eine andre Verbindung umzuwandeln und aus dieser wieder in seinen ursprünglichen Zustand zurückzuführen. Diese Thatsache hält Boyle für die schlagendste Widerlegung der Lehre von den substanzialen Formen, da sie aus diesen gar nicht zu erklären sei, und für die beste Stütze der Korpuskulartheorie.[3] „Wenn ein genau und mit gröſster Sorgfalt gelöster Körper nach schon vollzogener Analyse, indem seine Teilchen wechseln, wieder hergestellt werden kann, so wird diese Betrachtung immer für die Anhänger der atomistischen Lehre etwas Erfreuliches haben und vielerlei Verborgenes in der Natur ins Licht setzen.“[4] Denn es kann sich hierbei stets nur um eine solche Modifikation der Materie handeln, bei welcher durch andre Anordnung der Partikeln andre Körper mit andren Qualitäten erzeugt werden, wodurch die Redintegration durch Rückkehr in

---

[1] A. a. O. p. 113. — [2] A. a. O. p. 112

[3] *Spec. un. atqu. alt.*: Tentamen physico-chemicum, sect XII p. 6.

[4] A. a. O. sect. XXXIII p. 15.

die Metallveredlung oder die Herstellung von Heilmitteln soll die Aufgabe der Chemie sein, sondern sie soll lediglich zum Zwecke der Erkenntnis als selbständige Wissenschaft getrieben werden.

BOYLES Verdienste um die experimentierende Chemie gehören in die Geschichte dieser Wissenschaft und können hier nicht aufgezählt werden. Von Wichtigkeit für die Lehre von den Grundbestandteilen wurde die Förderung, welche die Mittel der Analyse durch BOYLES umfangreiche Thätigkeit erhielten. Er erweiterte wesentlich die Kenntnis der Reagentien und lehrte ihren systematischen Gebrauch kennen, und er betonte namentlich die Vorteile, welche der sogenannte nasse Weg durch Säuren und Lösungsmittel vor dem trockenen durch Feuer besitze. Die Analyse auf trocknem Wege hatte die Chemiker zur Aufstellung der Grundsubstanzen *Sal*, *Sulfur* und *Mercur* geführt; denn das Verhalten der Körper gegenüber dem Feuer und die Bestandteile, in welche sie durch dasselbe aufgelöst wurden, waren für diese Substanzenlehre entscheidend. Dem gegenüber zeigt BOYLE, dafs nicht allein das Feuer keineswegs das wirksamste Agens zur Zerlegung der Körper sei, sondern auch, dafs die dadurch erhaltenen Resultate durchaus nicht diejenigen Bestandteile zu sein brauchen, welche den Körper wirklich zusammensetzten. „Es ist keineswegs so unzweifelhaft, als ARISTOTELES und die Spagiriker annehmen, dafs eine durch Feuer vom Körper getrennte Substanz als Element in ihm in derselben Form präexistiert habe, wie wir sie nach der Trennung finden.“[1] Es werden auch durch das Feuer aus demselben Körper ganz verschiedene Stoffe ausgeschieden, je nach den Graden und der Dauer der Hitze, welche man anwendet, und je nachdem die Körper bei freiem Luftzutritt oder im geschlossenen Destillationskolben erhitzt werden. Andre Mittel der Analyse, als das Feuer, z. B. die Säuren, führen auch auf andre Zersetzungsprodukte. Endlich sind die durch Feuer ausgeschiedenen Substanzen keineswegs homogen.[2]

---

zeigen beginne. Mehrere philosophische Begriffe der Chemiker seien von der Physik und Medizin aufgenommen worden, aber man solle sich nur hüten, auch die Lehre von den drei Grundsubstanzen aufzunehmen.

[1] *Chem. scept.* p. 26. Dieselbe Ansicht s. bei JUNGIUS, II S. 255.

[2] *Chem. scept.* p. 69 ff.

Ist schon der empirische Beweis für die Grundsubstanzen wertlos, so nützen sie auch wenig in der Theorie, da sie nichts zu erklären vermögen. Wie die Farben aus ihnen entstehen sollen, darüber herrscht Uneinigkeit bei den Chemikern. Die meisten schreiben sie dem Merkur zu, Paracelsus dem Sal, Sennert — „ein Autor, den ich übrigens sehr hoch schätze“ [1] — dem Sulfur.[2] Dagegen kann man schon an der Wirkung des Prismas sehen, daſs die Gestalt und nicht die chemische Zusammensetzung der Körper für die Farben maſsgebend ist. Indessen mag es wohl sein, daſs man aus der gröſsten Zahl der Körper gewisse Substanzen, ob nun drei, vier, fünf, mehr oder weniger, durch das Feuer wirklich erhalten könne, welche besondere Benennungen verdienen und wohl auch Elemente oder Prinzipien genannt werden können; aber ihre Anzahl ist weder bestimmt, noch sind sie die letzten Bestandteile der Körper. Diese sind vielmehr durchaus in den Korpuskeln zu sehen (s. o. S. 269).

Am überzeugendsten für Boyle selbst, und daher als Fundamentalversuch zum Beweise der Korpuskulartheorie immer wieder von ihm hervorgehoben, waren diejenige Experimente, welche es ermöglichen, einen Körper in eine andre Verbindung umzuwandeln und aus dieser wieder in seinen ursprünglichen Zustand zurückzuführen. Diese Thatsache hält Boyle für die schlagendste Widerlegung der Lehre von den substanzialen Formen, da sie aus diesen gar nicht zu erklären sei, und für die beste Stütze der Korpuskulartheorie.[3] „Wenn ein genau und mit gröſster Sorgfalt gelöster Körper nach schon vollzogener Analyse, indem seine Teilchen wechseln, wieder hergestellt werden kann, so wird diese Betrachtung immer für die Anhänger der atomistischen Lehre etwas Erfreuliches haben und vielerlei Verborgenes in der Natur ins Licht setzen.“[4] Denn es kann sich hierbei stets nur um eine solche Modifikation der Materie handeln, bei welcher durch andre Anordnung der Partikeln andre Körper mit andren Qualitäten erzeugt werden, wodurch die Redintegration durch Rückkehr in

[1] A. a. O. p. 113. — [2] A. a. O. p. 112

[3] *Spec. un. atqu. alt.*: Tentamen physico-chemicum, sect. XII p. 6.

[4] A. a. O. sect. XXXIII p. 15.

die alte Anordnung möglich wird.[1] Als Hauptversuch gilt Boyle in dieser Hinsicht die Wiederherstellung des Salpeters aus den durch die Analyse erhaltenen durchaus verschiedenartigen Bestandteilen.[2] Andre Beispiele sind die Erhaltung der Korpuskeln des Kupfers und der Salpetersäure in dem aus beiden hergestellten Salze, sowie der Korpuskeln der Salzsäure und des flüchtigen Laugensalzes (salina urinae) im Salmiak.[3] Gold und Quecksilber können durch verschiedene Operationen in sehr verschiedene Formen umgestaltet werden und aus dieser wieder erhalten werden, was dafür spricht, dafs die Korpuskeln jener Körper bei diesen Umwandlungen intakt bleiben.[4] Diese Molekeln können in Bezug auf die chemische Analyse als Elemente angesehen werden, obwohl sie sicher zu den zusammengesetzten Körpern gehören und nicht einmal Konkretionen erster Ordnung sind.[5] Wenn auch die gegenwärtige

---

[1] *Or.* p. 61, 62.

[2] An diesen Versuch knüpft sich ein interessanter, durch Oldenburg vermittelter Briefwechsel mit Spinoza, welcher Boyles Schriften über die Wiederherstellung des Salpeters und über den flüssigen und festen Aggregatzustand (*Tentamen physicochemicum* etc. — *Historia fluiditatis et firmitatis*) eingehend vom cartesianischen Standpunkt aus kritisiert. (Spinozae *Opera* ed. Bruder. *Ep.* 6, 8, 9, 11.) Boyle hebt in seiner Erwiderung hervor, er habe in seiner Abhandlung nicht sowohl zeigen wollen, wie der Salpeter aus verschiedenen Stoffen zusammengesetzt sei, sondern vielmehr nur im Gegensatz zur Lehre von den substanziellen Formen die Zerlegung und Wiederherstellung desselben aus verschiedenen Teilchen; es handle sich ihm um die Thatsache, nicht um die speziellen Vorgänge. (*Ep.* 8. *Op.* II p. 165.) Die Gestalt der sichtbaren Salpeterteilchen sei eine prismatische, nicht, wie Gassendi meine, eine cylindrische. (Boyle, *Tentamen phys.-chem.* Sect. 5. — Spin. *Ep.* 8. *Op.* II p. 166.) Gegen die deduktive Methode Descartes' macht Oldenburg die scharfe Bemerkung, Herr Boyle gehöre zu denen, die auf ihr eigenes Denken nicht so fest sich verlassen, dafs sie die Übereinstimmung desselben mit den Erscheinungen nicht zu beachten brauchten. Er sei in Bezug auf die Bewegung der Partikeln der epikureischen Ansicht gefolgt, dafs dieselbe jenen ursprünglich innewohne, weil man doch mit einer Hypothese beginnen müsse, wolle sie aber nicht zu der seinigen machen; der Vorgang lasse sich jedoch gut durch sie erklären.

[3] Kopp, *Beitr.* 3. St. S. 174 Anm. 319.

[4] *Chem. scept.* p. 14.

[5] *Chem. scept.* p. 15. Jam vero, quod haec de auro et argento vivo protuli, ne videatur absurdum concipere, tam exiguas primarias moleculas, et racemos, quales nostra propositio intelligit, integros et illaesos remanere posse,

Chemie sie noch nicht zerlegen könne, so ist es doch möglich, daſs man für jene Metalle noch ein Trennungsmittel auffinde, sowie die Chemie die Zerlegung der Legierung von Gold und Silber, die das Feuer nicht leiste, durch Scheidewasser bewirke.[1] Die zusammengesetzten Molekeln selbst können sich wieder zu Körpern höherer Ordnung zusammensetzen und dadurch ganz neue Eigenschaften erhalten, wozu ihm besonders die Bildung der Salze als Beispiel dient.[2] Es ist daher auch die Umwandlung der Metalle nicht als unmöglich von der Hand zu weisen, da ihre Eigenschaften nur von der verschiedenen Textur ihrer aus derselben Urmaterie bestehenden Korpuskeln abhängen.[3] Hierhin gehört ebenfalls die eigentümliche, einigermaſsen an die chemische Überlieferung erinnernde Neigung BOYLES, das Wasser als einen Stoff anzusehen, der sich in alles (natürlich durch korpuskulare Umlagerung oder Zerteilung) verwandeln könne. Er stützte diese Ansicht auf einen Versuch, bei welchem er Pflanzen in Töpfen gezogen hatte und nach der Pflanzenbildung keinen merklichen Gewichtsverlust der Erde nachzuweisen vermochte. Daher nahm er an, daſs die Pflanze wesentlich aus dem Wasser entstanden sei.[4] Seltsamer Weise übersah er hier wie bei seinem Verbrennungsversuche den Einfluſs der Luft, obwohl er doch sonst der Luft keine unbedeutende Rolle im „Naturlauf“ zuschreibt.

Auch die Beobachtung, daſs gewisse Stoffe andre aus ihren Verbindungen vertreiben, welche zur Erkenntnis der sog. Wahlverwandtschaft oder chemischen A f f i n i t ä t führt, sucht BOYLE auf mechanische Weise zu erklären. Er will den unbestimmten Ausdruck der „Sympathie“ auf die Gestalt und Bewegung der Korpuskeln zurückführen und dadurch den Vorgang der Praecipitation erläutern, wobei ein Körper durch einen andern

---

quantumvis variorum concretorum compositionem ingrediantur, cum Auri et Mercurii corpuscula, etsi non sint p r i m a r i a e c o n c r e t i o n e s minutissimarum particularum materiae, sed c o r p o r a m a n i f e s t o m i x t a, copiose concurrere apta sint ad variorum valde discrepantium corporum compositionem, illaesa manente ipsorum natura, texturave propria, seu cohaesione illorum inviolata per divortium partium, sive ingredientium associatorum.

[1] Belege hierfür bei KOPP, *Beitr.* 3. St. S. 171 Anm. 313.

[2] *Tent. physico-chem.* p. 18. u. a. — [3] *Or.* Exper. VII p. 126.

[4] *Chem. scept.* p. 120.

aus seiner Lösung gefällt wird. So wufste er, dafs Kupfer, welches Silber aus dessen Lösung fällt, seinerseits wieder durch Zink oder Eisen ausgeschieden werden kann. Die Korpuskeln des Schwefels bilden mit denen des Quecksilbers eine beständige Verbindung (Zinnober), aber die Partikeln des *sal tartari* (Kali) vereinigen sich noch enger mit denen des Schwefels, so dafs sie das Quecksilber aus dem Zinnober wieder frei machen. Dafs gewisse Körper von gewissen Lösungsmitteln angegriffen werden, von andern nicht, sucht Boyle ebenfalls aus der Natur ihrer Korpuskeln zu erklären.[1] So nimmt er an, dafs die Korpuskeln der Salpetersäure zwar in die Poren des Silbers, nicht aber in diejenigen des Goldes eindringen können. Überhaupt wird den Partikeln der Säure, namentlich des Essigs, spitzige Gestalt zugeschrieben, wodurch das Eindringen erleichtert wird. In allen diesen Fällen ist kein Zweifel, dafs Boyle die gröfsere Verwandtschaft gewisser Stoffe sich nicht als eine Art Anziehung, sondern durchaus mechanisch vorgestellt hat, in der Weise, dafs die Korpuskeln der Stoffe von gröfserer Affinität sich dadurch auszeichnen, dafs sie infolge ihrer Gestalt ein engeres Anschliefsen und einen festeren Zusammenhang gestatten. Die Praecipitation beruht nach ihm nicht auf einer *qualitas occulta*, sondern auf der gröfseren Kongruität in Bezug auf Masse, Gestalt, Bewegung und Poren der kleinen Teile des praecipitierenden Körpers im Vergleich zu denjenigen des im Lösungsmittel enthaltenen Körpers.[2] Seiner ganzen Theorie nach konnte er bei der Affinität nur an mechanische Vorgänge denken.[3]

Bei der mechanischen Erklärung, welche Boyle allen chemischen Veränderungen zu Grunde legte, ist es nicht zu

---

[1] *Or.* Exp. VII p. 128, 129.

[2] *De mechanicis chymicae praecipitationis causis* c. 1. Kopp, *Beitr.* 3. St. S. 175.

[3] *De mechanica corrosivitatis origine*, exper. XI. Chymici plerique quadam cognatione ac sympathia inter menstrua corporis dissolvendi solutiones perfici volunt, neque sane negaverim quamdam quasi consanguinitatem, menstruum inter corpusque dissolvendum intercedere interdum, ut cum sulphur olea sive expressa sive distillata dissolvunt. Huic tamen opinioni ita propositae acquiescere nequeo, tum quia in variis solutionibus aliisque phaenomenis locum non habet, tum quia etiam ibi, ubi major ejus usus esse videtur, effectus a mechanicis principiis pendet. Kopp, a. a. O. Vgl. hierzu über Jungius, oben S. 258 f.

verwundern, dafs er den Wert der quantitativen Gewichtsbestimmungen betonte, in denen er ein Mittel erkannte, um zu entscheiden, ob es sich in einem bestimmten Falle um eine Zerlegung oder eine Zusammensetzung handle. In dem wichtigsten dieser Fälle, der Erklärung des Vorganges der Verbrennung, war er jedoch in der praktischen Ausführung nicht glücklich, indem er übersah, dafs bei der sogenannten Calcination von Blei in einem geschlossenen Kolben die in demselben enthaltene Luft absorbiert worden war, obwohl er beobachtete, dafs beim Öffnen des Kolbens Luft eindrang. Infolge dessen schrieb er die Zunahme des Gewichts nicht der Aufnahme eines Stoffes aus der Luft, sondern aus der Flamme zu, deren heifsmachende Korpuskeln als den Kolben durchdringend angesehen wurden. Dafs bei allen Gewichtsveränderungen es sich nur um Hinzutreten eines neuen Stoffes handeln konnte, nicht um ein qualitatives Schwererwerden, war für Boyle selbstverständlich, dem die Erhaltung der Masse als ein Grundsatz galt.[1]

Es mag noch erwähnt werden, dafs die Bestimmung des specifischen Gewichts einer Reihe von Körpern und die Einsicht, dafs Boyle im spezifischen Gewicht ein Mittel zur Recognoscierung eines bestimmten Körpers erkannte, ebenfalls dazu beigetragen hat, den Begriff des chemischen Stoffes zu läutern. So sehen wir, wie Boyle in jeder Hinsicht dafür wirkte, den modernen Begriff des chemischen Elements vorzubereiten; empirisch war dazu notwendig die Aufstellung bestimmter Merkmale, wie sie im spezifischen Gewicht und vor allem in der chemischen Reaction gegeben sind, deren Kenntnis Boyles Untersuchungen so aufserordentlich förderten; theoretisch

---

[1] Über den Versuch vgl. Kopp, *Beitr.* 3. St. S. 176 und Poske, *Zeitschr. für phys. u. chem. Unterricht*, 1887, Jhg. 1, S. 213. Bei dieser Gelegenheit mufs auch der Verdienste Jean Reys († 1645) um quantitative Gewichtsbestimmungen in der Chemie durch seine 1630 erschienenen *Essays sur la recherche de la cause, pour laquelle l'Estain et le Plomb angmentent de poids* gedacht werden. Bereits er deutete hier die Gewichtszunahme der Metalle bei der Calcinierung auf den Hinzutritt von Luft zum Metallkalke. Auch lehrte er, dafs alle Körper Schwere besitzen, auch die Luft und das Feuer, und dafs es überhaupt keine positive Leichtigkeit gebe. (Kopp, *Gesch. d. Chem.* III S. 131 ff.) Über Jungius vgl. oben S. 257.

beruht derselbe auf der Gleichartigkeit der die Masse des Stoffes bildenden Molekeln, und diese Auffassung wurde durch Boyles Korpuskulartheorie nicht nur verbreitet, sondern auch in überzeugender Weise gestützt. Je genauer die Kenntnis der chemischen Veränderungen wurde, um so weniger war es möglich, sie in andrer als korpuskularer Weise zu erklären.

Selbst bis auf die Domäne, welche die *qualitates occultae* am längsten behaupteten, die eigentümlichen Wirkungen gewisser Substanzen, erstreckt Boyle die Aufklärung der Korpuskulartheorie, indem er auch den Erfolg der spezifischen Heilmittel in der Medizin in molekularer Weise und mit Hilfe der Hypothese von den feinen Effluvien mechanisch zu erklären sucht. Er erkennt an, daſs es sogenannte *Specifica* gebe,[1] wobei er allerdings in den Thatsachen nicht gleichmäſsig kritisch verfährt, denn neben der specifischen Heilwirkung der *Cortex Peruviana* gegen das Fieber tritt auch der zerriebene Körper des Skorpions als Specificum gegen dessen Stich auf.[2] Durch die Mannigfaltigkeit der möglichen Einflüsse zeigt Boyle, daſs die Korpuskulartheorie geeignet ist, als eine allgemeine Theorie der Materie die besonderen Richtungen der ärztlichen Schulen zu umfassen. Die Methodiker sowohl wie Galenus und die Anhänger der chemischen Theorien finden in der Korpuskulartheorie eine Stütze, welche gestattet, ohne die besonderen Erklärungsweisen aufgeben zu müssen, sie auf allgemeine mechanische Grundsätze zurückzuführen.

---

[1] *De specificorum remediorum cum corpusculari philosophia concordia.* Genevae 1687. p. 2.

[2] A. a. O. p. 5. Die Art und Weise, in welcher die Wirkung der Specifica zu denken ist, erläutert er durch folgende Sätze. Dieselbe kann beruhen 1. auf dem Zerstoſsen und Lösen der krankheitserregenden Materie, sodaſs diese leichter durch die allgemeinen Gänge des Körpers und die Poren der Haut ausgestoſsen wird; 2. auf Zerstörung der zu scharfen und schädlichen Partikeln durch Koagulation oder auf andre Weise; 3. auf der Praecipitation der schädlichen Stoffe aus dem Blute oder andern Humoren; 4. auf der Stärkung des Herzens oder gleichzeitig der Stärknng andrer affizierter Teile; 5. auf der Herstellung einer geeigneten Disposition der Blutmasse durch Erregung oder Verdünnung; 6. auf der Neutralisierung der Krankheitspartikeln durch Verbindung mit denselben (a. a. O. p. 11 ff.).

3. Die Aggregatzustände.

War das chemische Interesse ein wesentliches Motiv für BOYLEs Korpuskulartheorie, so bietet ihm doch auch die Physik in einigen ihrer Teile Gelegenheit zu ausführlicher Begründung der Konstitution der Körper auf korpuskulartheoretische Prinzipien.

In der *Historia fluiditatis et firmitatis*[1] beschäftigt er sich mit der Erklärung der Aggregatzustände. Ein Körper scheint ihm hauptsächlich aus dem Grunde flüssig zu sein, weil seine Korpuskeln sich gegenseitig in nur wenigen Teilen ihrer Oberflächen berühren, in den übrigen aber ohne Berührung sind, so daſs sie, einzeln hier und dahin getrieben, wegen der zahlreichen zwischen ihnen befindlichen Poren und Zwischenräume leicht an ihren Oberflächen rollen und ihrer Bewegung wegen sich nach allen Seiten zerstreuen können, bis sie auf einen harten oder widerstehenden Körper treffen, dessen innerer Oberfläche sie sich wegen jener Bewegung und ihrer Kleinheit und Schwere oder aus analogen Ursachen genau (wenigstens für die sinnliche Wahrnehmung) anlegen.[2] Vermutlich sind diese Teilchen bei den Flüssigkeiten rund und wahrscheinlich glatt und schlüpfrig, jedenfalls sind sie so fest und hart, daſs sie von den darüber befindlichen nicht zusammengedrückt werden können, weil sich Flüssigkeiten nicht merklich verdichten lassen.[3] Indessen brauchen nicht in allen Flüssigkeiten die Teilchen so genau zusammenzustoſsen wie im Wasser. Auch Luft und Feuer, obwohl nicht tropfbarflüssig (liquores), sind doch als Fluida anzusehen, bei denen die Teilchen weit auseinanderweichen können; vermutlich haben dieselben unregelmäſsige Gestalt; auch der Weltraum ist mit einer ätherischen, dünnen und flüssigen Substanz erfüllt, wie aus der Beobachtung der Astronomen über die ungehinderte Bewegung der Kometen hervorgeht.[4]

---

[1] In den *Tentamina quaedam physiologica.* Genev. 1680.
[2] *Hist. fluid.* sect. II p. 24.
[3] A. a. O. *Paradoxa hydrostat.* Genev. 1680. Appendix I. p. 57.
[4] *Hist. fluid.* s. III, IV. p. 24, 25.

Um die Eigenschaften der Flüssigkeiten zu erklären, mufs man drei Bedingungen annehmen, welche ihre Korpuskeln zu erfüllen haben. Erstens müssen die Teilchen sehr klein sein. Dies folgt aus der Auflösung fester Körper in Flüssigkeiten, wobei erstere in so aufserordentlich kleine Teile zerlegt werden, dafs sie sich wie Flüssigkeiten verhalten. Boyle belegt dies, wie alle seine Behauptungen, durch zahlreiche und oft aus der Chemie entnommene Beispiele. Auch von der Luft ist zu behaupten, dafs aufserordentlich viel feine Teilchen von den andern Körpern in sie übergehen und in ihr suspendiert sind.

Zweitens müssen die Teilchen der Flüssigkeiten sehr viele leere Zwischenräume zwischen sich enthalten. Dieselben sind notwendig, um die Fortsetzung der Agitation von Oberfläche zu Oberfläche zu ermöglichen. Sie brauchen jedoch nicht eigentlich leer zu sein, es genügt, wenn nur nichts darin befindlich ist, was der freien Bewegung hinderlich sein kann und nicht leicht jeder Bewegung ausweicht. Dafs hierzu Poren notwendig sind, sieht man daraus, dafs lockerer Schnee leicht der Bewegung der Hand weicht, komprimierter dagegen nicht.

Die dritte und hauptsächlichste Bedingung ist die verschiedenartige Bewegung der Partikeln. Die Korpuskeln der Flüssigkeit sind in ruheloser Bewegung; das ist die unerläfsliche Eigenschaft derselben, welche den flüssigen vom festen Körper unterscheidet. Wenn man auch freilich diese Bewegung nicht sehen kann, so kann man sie doch leicht aus ihren Wirkungen erkennen.[1] Das Schmelzen des Eises oder des Salpeters zeigt, dafs das Flüssigwerden in einem Übergang der Teilchen von der Ruhe zur Bewegung besteht. Hierhin gehört der Versuch mit erhitztem Alabaster, der sich wie eine Flüssigkeit verhält (vgl. II S. 309). Vor allem aber kann die auflösende Wirkung der Flüssigkeiten nur aus der Bewegung der Wasserteilchen erklärt werden, indem die Wasserteilchen die Korpuskeln der festen Körper ebenfalls in Bewegung versetzen, so dafs sie in die Poren der Flüssigkeit hineindringen. Auch die selbständige Vermengung zweier verschiedenen ruhen-

---

[1] *Parad. hydrost.* App. I p. 63.

den Flüssigkeiten, z. B. die Diffusion von Wein und Wasser, könnte nicht vor sich gehen, wenn nicht die Teilchen jener Körper in Bewegung wären. Beim Schmelzen der Körper bewirkt die Agitation der Feuerteilchen, welche in die Poren der Körper eindringen, daſs die Korpuskeln der letzteren in Bewegung versetzt werden. Aus der Verdunstung der Körper, aus dem Zerflieſsen der Salze durch Aufnahme von Feuchtigkeit aus der Luft und aus vielen andern Veränderungen der Körper kann man ersehen, daſs die verschiedenen Teilchen der Luft in fortwährender lebhafter Bewegung sind, ja man kann dies sogar direkt beobachten aus dem ruhelosen Tanz der Sonnenstäubchen und aus den zitternden Bewegungen, welche entfernte Gegenstände bei teleskopischer Beobachtung nach Sonnenaufgang zeigen.[1] Wo die Flüssigkeiten in Ruhe erscheinen, findet diese doch nur für die sinnliche Wahrnehmung statt, und ebenso besteht die Kontinuität der Flüssigkeiten nur sinnlich.[2] Worin die Bewegung der Flüssigkeitskorpuskeln ihren Grund hat, will BOYLE nicht definitiv entscheiden. Entweder ist sie ihnen ursprünglich und inhärent, oder sie wird durch eine feine Substanz erzeugt, welche sie durchströmt und hin- und herwälzt. In ersterm Falle wäre die Bewegung für die Atome überhaupt unverlierbar, im zweiten Falle würde sie von einem Körper zum andern mitgeteilt. Letztres würde auf Prüfung der Frage nach dem Vacuum führen, das zu vermeiden man den Äther angenommen hat.[3]

Die Festigkeit, Härte oder Stabilität der Körper, welche die Chemiker dem Salze als festem Bestandteile zuschrieben,[4] ist ebenfalls korpuskular zu erklären. Sie besteht vornehmlich darin, daſs die den Körper bildenden Teilchen, welche für gewöhnlich gröber sind als die der Flüssigkeiten, entweder sich in Ruhe befinden, oder so unter einander verschlungen sind, daſs sie infolge ihres wechselseitigen Zusammenhanges zum Flieſsen und allseitigen Zerstreuen untauglich werden, und daher die Oberfläche des Körpers, wenn man von der Anwendung von Gewalt absieht, nur durch den eigenen Nexus der Partikeln nach Grenze und Gestalt bestimmt wird.[5]

---

[1] *De fluid.* s. XXI p. 39. — [2] A. a. O. p. 38. — [3] A. a. O. p. 32, 36
[4] Ps. II. *De firmitate* s. I p. 50. — [5] A. a. O. s. II p. 50.

Es sind somit als Ursachen der Festigkeit drei Haupteigenschaften zu unterscheiden: Die Grobheit oder Dicke (crassities) der Teilchen, die Ruhe der Korpuskeln und die Verfaltung derselben. Jede von diesen drei Eigenschaften genügt schon für sich zur Erzeugung der Starrheit, gewöhnlich aber wirken sie zusammen. Wenn die Teilchen gröber sind, so werden sie weniger leicht beweglich sein. Unter gröberen Teilen sind dabei solche Korpuskeln zu verstehen, welche zur Bildung eines Körpers *actu* zusammentreten und durch die Agitation der umgebenden Luft, des Äthers oder andrer Ursachen nur schwer (vix) in kleinere geteilt und zerstreut werden können.[1]

Es kann übrigens auch eintreten, daſs die Zerlegung kleiner Teile eines Körpers in noch winzigere dieselben geeignet macht, zur Festigkeit des Körpers beizutragen, indem dieselben alsdann in eine dichtere Verfilzung geraten können.[2]

Auf die Ruhe als Ursache der Festigkeit sei auch DESCARTES verfallen, doch fehle bei ihm der genügende Beweis aus den Beobachtungen und Experimenten; dagegen sei dieser Grund der Festigkeit von den Atomisten übergangen und sogar als der ursprünglichen Bewegung der Atome widersprechend verworfen worden, so daſs sie nur die Verflechtung der Teilchen als Ursache der Festigkeit kennen. Nach BOYLE entspricht jedoch das Beharren in der Ruhe der Gesamtgesetzlichkeit der Natur. Ein wesentlicher Beweisgrund aus der Erfahrung sind die Adhäsionserscheinungen. Das Haften glatter Flächen aneinander spricht dafür, daſs bloſse Ruhe und Aneinanderlagerung der Teilchen bei ausreichendem Schutz vor der Einwirkung der Luft u. dgl. zum Bestande der Festigkeit genügen können. Allerdings können bei den Adhäsionserscheinungen von Platten auch andre Ursachen beteiligt sein, nämlich in gewissem Grade eine Art von Verflechtung (Konfibulation) der Oberflächen, namentlich aber die Wirkung des Luftdrucks. Für letztere Ursache spricht insbesondere die leichte seitliche Verschiebbarkeit der Adhäsionsplatten.[3] Für diesen Versuch mit geschliffenen Marmorplatten beansprucht

[1] A. a. O. s. IV. p. 51. — [2] A. a. O. p. 52.
[3] A. a. O. p. 52—55.

BOYLE die Priorität.[1] Er beschreibt einen Versuch mit der Luftpumpe, bei welchem es ihm gelungen sei zu zeigen, dafs die Platten im Vacuum von einander abfallen, während ihm derselbe früher mit weniger vollkommenen Apparaten allerdings nicht gelungen sei.[2] Vielleicht hängt auch die Festigkeit des Glases von denselben Ursachen ab, wie die Adhäsion der Platten, da die Durchsichtigkeit desselben keine Verzweigung, sondern ein glattes Aneinanderliegen der Teile wahrscheinlich macht.[3]

Die Erklärung der Körperfestigkeit durch die substanzielle Form hat überhaupt keinen Sinn. Aber auch die unter neueren Naturforschern vorkommende Erklärungsweise ist abzulehnen, bei welcher dieselben ihre Zuflucht zu einem Spiritus nehmen, der alle körperlichen Substanzen durchdringt und verbindet, so dafs ihre Teile gleichsam durch einen Leim zusammenhängen. Die Frage geht nämlich in diesem Falle zurück auf die Kohäsion der Teile des Bindemittels. Diese erforderten wieder ein Bindemittel, und so würde die Frage immer weiter zurückgehen; wenn man aber von den kleinsten Teilchen schliefslich sagen wollte, dafs sie ohne Bindemittel kohärieren, so kann man dies auch sogleich von den gröfsern zugeben. Der Spiritus mufs doch ebenfalls aus Teilen bestehen, und wodurch sollen diese in so fester Kohäsion zusammengehalten werden? Wollte man hier antworten, dieser Spiritus bestehe aus untrennbaren Teilen, vielleicht von hakenförmiger Gestalt, die sie geeignet macht sich mit den Körpern, die sie umfassen, zu verschnüren zu einer gegenseitigen Zusammenfügung, so hiefse dies einen neuen, so sehr von dem üblichen abweichenden Begriff des Spiritus unterschieben, dafs dies wohl den Urhebern jener Ansicht nicht einmal im Traume eingefallen ist. Aufser dieser Hypothese müfste man noch dazu annehmen, dafs in den dichtesten Körpern eine ungeheure Menge dieser dünnen Spiritus enthalten sei; das Wasser müfste fast zur Hälfte aus ihnen bestehen. Denn die Partikeln des Spiritus könnten nur diejenigen Körper-

---

[1] *Animadversiones in Hobbii Problemata de Vacuo.* p. 37. Vgl. *Nova experim. physico-mechanica.* Exp. 31 p. 88.

[2] A. a. O. p. 42. — [3] *De firm.* p. 56.

teilchen zusammenhalten, welche sie selbst berühren; sonst könnten ja die Teile einer andern Art Materie, falls sie nur benachbart sind, auch ohne den Spiritus kohärieren, was der Hypothese widerstreitet. Es müfsten also zwischen allen Körperteilchen Teilchen des Spiritus sein. Wie aber sollen weiterhin die Korpuskeln dieser Spiritus unteilbar sein? Was könnte verhindern, dafs die Teilchen des Spiritus oder auch die angebbaren Teilchen der körperlichen Substanz, da sie doch in Gedanken teilbar sind, nicht immer vereint blieben und auch einmal wirklich getrennt werden? Dies kann offenbar nur die Ruhe und die unmittelbare Berührung der Korpuskeln leisten. Man wird freilich zugeben müssen, dafs sie der Teilung fast immer entgehen werden, aber es fällt doch leichter, den Grund darin zu vermuten, dafs sich ihrer Kleinheit, Ruhe und engen Berührung wegen kaum ein Agens finden läfst, das fein und schnell genug bewegt wäre, um ihre Teilung zu vollziehen. Es hat wenig Wahrscheinlichkeit für sich, dafs ein unteilbares Körperchen mit Haken versehen sei, und wenn auch, so würde die Frage auf die Teilchen der Haken zurückgehen, und so ins Unendliche.[1]

Wenn auch die Nebeneinanderlagerung und Ruhe der Teilchen vielleicht allein zur Erzeugung der Festigkeit ausreichen könnte, so scheint doch für gewöhnlich die Textur der Grund derselben zu sein. Namentlich wird eine Veränderung der Textur als Ursache des Erstarrens flüssiger Körper anzusehen sein. Dies dürfte z. B. beim Hartsieden der Eier eintreten, wobei ja nur Wärmeatome und höchstens etwas Wasser in das Ei eindringen können.[2]

Der Übergang des flüssigen in den festen Zustand kann verschiedene Ursachen haben. Erstens können die Teilchen des Körpers Gestalten haben, die zur Verknüpfung geeignet sind und ineinander passen; alsdann können dieselben durch die andauernde Agitation der Flüssigkeitsteilchen mit einander verflochten werden, wie etwa die Taue durch Verschlingung der Fäden fest werden. Dies dürfte der Fall sein, wo zwei verschiedene flüssige Körper beim Zusammenbringen erstarren, wenn z. B. ein Salz sich aus der Vereinigung zweier Lösungen

[1] A. a. O. p. 62—64. — [2] A. a. O. p. 65, 66.

ausscheidet; oder wo ein Pulver durch den Eintritt einer Flüssigkeit starr wird, wie der gebrannte Gips.[1]

Zweitens können Korpuskeln in die Poren des flüssigen Körpers eintreten und ihn dadurch zum Erstarren bringen. Hierbei unterscheidet BOYLE vier Fälle, die er durch Beispiele aus der Erfahrung erläutert.[2] Doch fügt er vorsichtig hinzu, dafs sämtliche Hypothesen im einzelnen Falle nur Vermutung bleiben. Eine Sicherheit über die Gestalt der Teilchen kann man direkt nicht gewinnen. Mit dem besten Mikroskop vermochte er an dem feinen aus Quecksilber gewonnenen roten Pulver (Quecksilberoxyd) nichts zu erkennen als eine unregelmäfsige Gestalt der Teilchen. Indessen könne man aus dem Versuche der Praecipitation des Quecksilbers durch sich (d. h. der Oxydation des Quecksilbers zu rotem Quecksilberoxyd) lernen, was man von der Meinung „berühmter neuerer Philosophen", nämlich HOBBES, zu halten habe, dafs Flüssiges in immer wieder Flüssiges teilbar sei. Es zeigt sich vielmehr, dafs auch das Quecksilber aus harten Körperchen bestehe.[3] Das Krystallisieren der Körper in bestimmter Form ist BOYLE auf die Gestalt der Teilchen zurückzuführen geneigt.[4]

Aus der Geschichte der Physik ist bekannt, wie grofse Verdienste sich BOYLE um die Kenntnis des Gewichts, des Druckes und der Elasticität der Luft erworben hat. Mit Hilfe seiner Verbesserung der GUERICKEschen Luftpumpe führte er eine Reihe von neuen Versuchen aus, welche für jene noch immer von vielen Physikern bezweifelten Eigenschaften der Luft neue Beweise beibrachten. In dem Streite gegen FRANCISCUS LINUS, der zu diesen Gegnern gehörte, wurde er darauf geführt eine Tabelle zu ermitteln, die das Verhältnis angab, in welchem das Volumen einer abgesperrten Luftsäule zu dem

---

[1] A. a. O. p. 66—71.

[2] A. a. O. p. 73 f. Das Erstarren kann geschehen 1. durch Austreiben solcher Partikeln aus den Poren, welche leicht beweglich (volubil) waren; 2. durch Verhinderung der Bewegung der Korpuskeln selbst; 3. durch Vereinigung mit den Teilchen des Körpers zu Korpuskeln, die weniger zur Bewegung und mehr zur wechselseitigen Kohäsion geeignet sind; 4. durch eine derartige Mitbewegung mit den Körperteilchen, dafs dieselben sich in gröfseren Flächen berühren.

[3] *De firm.* p. 79. — [4] *Or.* p. 53.

angewandten Quecksilberdrucke steht; aus BOYLES Zahlenangaben entwickelte sein Schüler RICHARD TOWNLEY das vielfach nach MARIOTTE genannte Gesetz. Auch diese seine Untersuchungen über die Elasticität der Luft versuchte BOYLE korpuskulartheoretisch und mechanisch zu begründen und ihrerseits zur Stütze seiner Theorie der Materie zu verwerten.

Die Luft besteht nach BOYLE aus Partikeln von äufserst mannigfaltigen Formen, welche in fortwährender Bewegung durcheinander begriffen sind und eine grofse Menge sehr verschiedenartiger Korpuskeln mit sich umhertreiben. Wahrscheinlich wirken hierbei auch noch feinere Ätherteilchen mit.[1] Wiewohl im Grunde nur eine Hypothese richtig sein kann, so ist es doch möglich, viele Erscheinungen auch nach verschiedenen Hypothesen zu erklären. Da es hauptsächlich auf die Feststellung der Thatsache, dafs die Luft elastisch sei, ankommt, begnügt sich BOYLE damit, zur Erklärung der Elasticität zwei Hypothesen als möglich hinzustellen.

Nach der ersten Hypothese kann man annehmen, dafs die Elasticität der Luft (elater, potestas elastica, spira aëris) auf der Gestalt der Teilchen beruhe, indem dieselben durch den Druck der darüber lastenden Teile der Luft (denn auch diese ist schwer) oder andrer Körper eine Krümmung oder eine Zusammenpressung (wie Schwämme) erleiden, so dafs sie nach Aufhören des Drucks sich wieder ausdehnen. Dies erklärt nicht nur die grofse Gewalt der künstlich zusammengeprefsten Luft, sondern auch die Ausdehnung der Luft bei Verringerung des gewöhnlichen Druckes, da man annehmen mufs, dafs schon bei dem gewöhnlichen Luftdruck die Teilchen in einem teilweise zusammengedrückten Zustande sich befinden. BOYLE vergleicht die Luft mit einem Haufen Wolle, deren Teilchen spiralförmige Gestalt haben. Er bedient sich dieser Hypothese mit Vorliebe zur Erklärung der Erscheinungen, weil sie leichter verständlich ist, aber er gibt zu, dafs die von DESCARTES angewendete, mehr mechanische Hypothese, obwohl schwerer durchzuführen, vieles für sich hat, da ja die Wiederherstellung

---

[1] *Suspiciones de latent. quibusd. qualit. aëris* p. 3. — *Introd. ad hist. qual.: De syst. vel cosm. qual.* c. VI p. 8, 9.

der Gestalt elastischer Körper selbst einer mechanischen Erklärung bedarf.

Nach der zweiten Hypothese kommt es auf die Gestalt der einzelnen Teilchen nicht an. Die Elasticität beruht darauf, daſs die Luftteilchen ihre lebhafte Bewegung von den Ätherteilchen empfangen und nun ihrerseits in heftiger Rotation begriffen sind, wodurch sie stets einen möglichst groſsen Raum erfordern und verhindern, daſs andre Teilchen in ihre Rotationssphäre eindringen.[1]

Die Angriffe gegen seine Versuche durch HOBBES, welcher in allerdings ganz unhaltbarer Weise die Erscheinungen an der Luftpumpe daraus hatte erklären wollen, daſs der Rezipient immer noch Luft enthalte und diese in ihn einströme, weist BOYLE sehr energisch zurück.[2] Allerdings meint BOYLE nicht, daſs der Rezipient absolut leer sei, aber er sei leer von Luft; er verteidigt sich gegen den Vorwurf, daſs er „Vacuist" sei; er habe niemals für oder gegen das Vacuum Partei ergriffen und entscheidet sich weder für die „Plenisten" noch für die „Antiplenisten".[3]

Im Gegensatz zu DESCARTES und GASSENDI, welche das Saugen dadurch erklärt wissen wollten, daſs die Erweiterung des Thorax die Luft nach auſsen treibe, wodurch die Flüssigkeit von der Luft in die Röhre gedrückt werde, führt BOYLE unter Voraussetzung der Elasticität der Luft die Saugerscheinungen richtiger auf die Störung des Gleichgewichts des Luftdrucks zurück.[4]

Die beschränkte Gröſse des Luftdrucks, d. h. die Thatsache, daſs der sogenannte *horror vacui* eine bestimmte Grenze habe, gilt ihm als ein hauptsächliches Beispiel und ein wesentlicher Beweisgrund für die in der Natur herrschende mechanische Gesetzlichkeit.[5]

Es versteht sich von selbst, daſs BOYLE auch in den übrigen Teilen der Physik, welche er untersuchte, seine Korpuskular-

---

[1] *Nova experim. physicomechanica* p. 9—11.

[2] *Animadversiones in D. Hobbii problemata de vacuo,* im *Tractatus i. qu. cont. suspiciones de latent. qual. aëris* etc. Genev. 1680.

[3] A. a. O. p. 43. Vgl. p. 33, 36, 40.

[4] A. a. O. *De causa attractionis per suctionem,* p. 67.

[5] *De ipsa nat.* p. 41.

theorie anwendet, doch kam es hierbei nirgends zu einer eingehenderen Begründung, wie sie sich in der Chemie und der Lehre von den Aggregatzuständen findet. Seine Erklärung des weifsen Lichtes ist bereits erwähnt worden, die Farben hielt er für Modifikationen des weifsen Lichtes. Bemerkungen über einzelne physikalische Beobachtungen finden sich vielfach unter den Beispielen, welche er für die korpuskularen Grundanschauungen anführt, von denen sein ganzes Denken durchdrungen ist. Das Prinzip seiner Erklärungen beruht bei den besondern Erscheinungen darauf, dafs jeder Körper nicht nur von den umgebenden, sondern oft auch von noch unbekannten und selten beobachteten Agentien Einflüsse erfährt. Hierfür gelten ihm folgende Sätze als mafsgebend: 1. Viele Körper wirken in vielen Fällen nur beim Antriebe durch andre; einige bedürfen des Antriebes der allgemeinen Natur. Die Brechung des Lichtes in Linsen und die magnetische Induktion sind Beispiele solchen Einflusses. 2. Es gibt gewisse feine Körper in der Welt, die durch das Eindringen in die Poren andrer wirken, zumal wenn damit andre Ursachen zusammentreffen. Der Äther, die Luft und die magnetischen Effluvien der Erdkugel sind in dieser Weise wirksam. Ein erhitzter Stahlstab, der in der Nord-Südrichtung erstarrt, wird magnetisch; das Wasser steigt im luftverdünnten Raum auf; aufquellende Bohnen vermögen grofse Gewichte zu heben; Papier wird durchsichtig wenn die Poren mit Öl erfüllt werden, u. a. m. 3. Körper können durch mechanische Änderungen der Textur die Fähigkeit verlieren, dafs jene Substanzen auf sie wirken, oder die Wirkungen derselben können nach Mafsgabe der Textur sich ändern.[1]

Aufser den Ätherkorpuskeln gibt es auch noch besondre Korpuskeln, die nur für die Poren bestimmter Körper passen und daher besondre Wirkungen ausüben.[2] Beispiele dazu sind bei Gelegenheit der Wirkungen der Effluvien und der medizinischen *Specifica* gegeben worden.

Man sieht, dafs Boyle die Korpuskulartheorie aufs engste mit der Experimentalwissenschaft seiner Zeit verknüpft hat,

---

[1] *De system. vel cosmicis qualit.* p. 2—7.
[2] *Suspiciones cosmicae* p. 1.

daſs es sich aber überall nur darum handelt, die Erklärung als eine plausibele, nicht als eine notwendige darzustellen. Eine Förderung der tiefer liegenden Seiten des Körperproblems können wir daher bei ihm nicht finden; er weicht geflissentlich den Fragen aus, welche über das Gebiet des Physikers hinausgehen. Indem er aber in Chemie und Physik die Korpuskulartheorie als geschmeidige Hypothese handhabt und ihre Fruchtbarkeit aufweist, trägt er auch zu ihrer Entwickelung wesentlich bei. An den Problemen der Naturwissenschaft muſste sich zeigen, was für Annahmen zur Erklärung der Erscheinungen notwendig seien. Dann erst konnte die erkenntnistheoretische Untersuchung weiter dazu schreiten, aus den erkannten Mängeln auf die Notwendigkeit einer weiteren Fundierung des Körperbegriffs zu schlieſsen.

Dritter Abschnitt.

Otto von Guericke.

Unter den physikalischen Problemen, welche für die Entwickelung korpuskulartheoretischer Ansichten einfluſsreich waren, hatten wir schon wiederholt die Frage nach der Herstellbarkeit eines leeren Raumes zu erwähnen. Es ist hier der Ort, auch der theoretischen Ansichten des Mannes zu gedenken, welcher als Experimentator in die Untersuchung über das Vacuum mit so groſsem Erfolge eingriff. Zwar hat Otto von Guericke keine ausdrückliche Korpuskulartheorie ausgebildet, aber seine Ansichten stehen doch einerseits in indirekter Beziehung zur Atomistik, andrerseits sind sie schon darum von Interesse, weil sie ein Bild der unter den unbefangenen und vorgeschrittenen Praktikern der Physik geltenden Naturauffassung geben.

Sein erst 1672 erschienenes Werk[1] war bereits 1663 vollendet. Die darin beschriebenen Versuche sind aus der Ge-

[1] Ottonis de Guericke, *Experimenta nova (ut vocantur) Magdeburgica de vacuo spatio.* Amstelodami 1672.

schichte der Experimentalphysik bekannt; wir nehmen nur hier Gelegenheit, auf einige allgemeinere naturphilosophische Betrachtungen in demselben hinzuweisen. Die genaueren Kenntnisse der Gröfsendimensionen des Weltgebäudes, welche der Fortschritt der Astronomie ermöglicht hatte, wirkten auf GUERICKE besonders anregend; mit Vorliebe versenkt er sich bewundernd in die gewaltigen Zahlen, welche den Sternenhimmel ausmessen. Die ungeheuren Abstände der Fixsterne veranlafsten ihn zuerst, über die Frage nach dem Vorhandensein eines leeren Raumes nachzudenken. Wenn man bei einem Fixstern eine Parallaxe von nur einer Sekunde beobachten könnte, so würde der Abstand nach GUERICKES Rechnung 231 309 900 deutsche Meilen betragen; nun hat man aber überhaupt noch gar keine Parallaxe entdecken können; wie ungeheuer weit müssen also die Fixsterne entfernt sein! In Bezug auf diesen Raum, diese Ausdehnung, dieses unermefsliche Behältnis sind alle diese Weltkörper, von denen manche wohl zehn- und mehrmal gröfser als die Sonne sein mögen, wie Atome zu erachten.[1] Man mufs sich daher die Frage vorlegen, ob jene so ungeheure Ausspannung, welche man den Himmel nennt, leer sei.

Der Ort (locus) bedeutet nach GUERICKE nur das „Wo" der Körper und ist als solcher relativ und blofs in der Vorstellung (imaginär). Wenn nun Vacuum derjenige Ort heifst, welcher zur Erfüllung geeignet ist, so mufs es auch ein Vacuum geben. Das Vacuum ist allerdings nur Privation, wie der Schatten; aber es bedeutet doch eben den Raum, in welchem das Erfüllende fehlt; insofern ist der allgemeine Raum, das universale Gefäfs, ein Vacuum, sobald sich kein Körper darin befindet. Nimmt man alle Körper fort, so bleibt der leere Raum übrig.[2]

Die Welt ist nicht unendlich im Sinne DESCARTES', gegen dessen Gleichsetzung von Körper und Ausdehnung GUERICKE mehrfach polemisiert. Aber der Raum, als Vorstellungsraum (spatium imaginarium) ist unendlich, und insofern gleichbedeutend mit *Nihil* und *spatium verum.*[3] Diese Unendlichkeit

[1] A. a. O. p. 53.

[2] A. a. O. p. 57. Vgl. auch den Briefwechsel GUERICKES mit LEIBNIZ, in *Leibn. Philos. Schriften*, herausg. v. GERHARDT, Berlin 1875. I S. 94 f. S. 101.

[3] *Experim.* p. 61.

übersteigt in Raum und Zeit (infinitum=aeternum=immensum) alle menschliche Fassungskraft.[1]

Das Interesse, mit welchem GUERICKE seinen Blick auf die unendliche Ausdehnung des Weltraumes richtet, lehrt ihn den Begriff des Grofsen in seiner relativen Bedeutung verstehen und auffassen. Diese Hervorhebung der Relativität aller Gröfsenbeziehung, die wir auch bei HOBBES anzumerken hatten, ist für die Korpuskulartheorie deshalb von Wichtigkeit, weil sie geeignet ist, zur Annahme von Korpuskeln verschiedener Ordnung hinzuleiten und das Feld offenhält für die etwa notwendig werdende Hypothese einer weiteren Zusammensetzung der als Minima angenommenen Korpuskeln aus noch kleineren.

Gröfse ist nach GUERICKE nicht „Etwas", sondern sie kommt nur einem „Geschaffenen" (creatum) äufserlich und beziehungsweise zu. Denn in der Natur gibt es nichts, was an sich grofs oder klein, lang oder kurz, hoch oder tief, weit oder eng u. s. w. genannt werden könnte, es sei denn in Bezug oder Vergleich mit einem andren Dinge. Die Vernunft lehrt aber, dafs alle geschaffenen Dinge irgendwelche bestimmte Grenzen ihrer Gröfse oder Kleinheit haben, so dafs sie in Kleinerem oder Gröfserem nicht sein können; denn ein unendlich grofses oder kleines Sein kommt keinem geschaffenen Dinge zu, sondern nur dem ungeschaffenen.[2] Was unendlich und unermefslich ist, kann sich weder auf ein Gröfstes noch ein Kleinstes beziehen, weil die Unendlichkeit keinen Vergleich zuläfst. Mit der Beobachtung und Teilung kann man zu immer Kleinerem fortschreiten, von den Weltkörpern bis zu den mikroskopischen Stäubchen und kleinsten Bruchstücken, nicht aber ins Unendliche. Es mufs also kleinste, nicht weiter teilbare Teile geben; diese kleinsten Teile werden von manchen Atome genannt, *tanquam individua, id est, alterius partes non habentia.* Wenn schon das Mikroskop uns an kleinen Tierchen bisher gänzlich Verborgenes entdecken liefs, so reicht es doch nicht bis zu den Teilen des Wassers, der Luft, des Feuers und andrer Flüssigkeiten, die so äufserst klein sind, dafs sie jeden Begriff übersteigen. Aber trotz ihrer Kleinheit können sie immerhin Glas

[1] A. a. O. p. 65. — [2] A. a. O. p. 69.

und Metalle nicht durchdringen; um wieviel kleiner müssen also erst jene Teile der Effluvien oder unkörperlichen Vermögen (virtutum) sein, welche alle Gläser und Metalle zu durchdringen imstande sind? Wie dies aber auch sein mag, selbst das kleinste Atom, selbst die Feinheit irgend eines körperlichen Ausflusses, selbst ein *Spiritus* hat doch in jenem unendlichen Raume Bestand und Stelle.[1]

Die Luft kann nach Guericke nicht eigentlich ein Element genannt werden, sie ist ein Effluvium, eine körperliche Ausströmung der Erde, geruchlos, weil wir darin leben und seit Jugend auf daran gewöhnt sind, körperlich, dünn, zur Ausdehnung geeignet.[2] Sie ist ausdehnbar und zusammendrückbar, jedoch nur bis zu gewissen Grenzen, sie hat Schwere, drückt auf sich selbst etc.[3] Folgende Sätze geben ihre Haupteigenschaften an: 1. Die Luft ist der Odor oder die körperliche Ausströmung der Erd-Wasserkugel. 2. Letztere hält die Luft zu ihrer eigenen Erhaltung fest, und zwar in bestimmtem Gewichte. 3. Daher ist dieselbe sehr zusammengedrückt, und zwar unten mehr als oben. 4. Das Luftgewicht ändert sich oft. 5. Es wechselt mit der Höhe. 6. Die Luft steigt infolge ihrer Schwere in jeden nicht erfüllten Raum. 7. Es gibt in der Natur keine Flucht vor dem Leeren, sondern die Ausfüllung des Vacuums hängt von dem Gewichte der umgebenden Luft ab. 8. Die Luft kann aus Gefäſsen ausgeschlossen und daselbst ein Vacuum erzeugt werden, indessen kann nicht gehindert werden, daſs eine neue, aus dem Wasser und aus den Gefäſsen selbst entstandene Luft eintrete, die übrigens äuſserst fein und so gut wie für nichts zu halten ist. Es kann daher auf der Erde, wo es überall Effluvien gibt, keinen im mathematischen Sinne leeren Raum geben.[4]

Die Wirkung der Erdkugel erstreckt sich jedoch nicht ins Unendliche; dort, wo sie aufhört, da ist wirklich leerer Raum. Denn der Raum unterscheidet sich absolut vom Körper. Die Schwere der Luft reicht nicht bis zum Monde, ja nicht einmal bis zur Hälfte seiner Entfernung.

Auſser der (atmosphärischen) Luft gibt es noch eine feinere

---

[1] A. a. O. p. 70. — [2] A. a. O. p. 71. — [3] A. a. O. p. 72.
[4] A. a. O. p. 84.

Luft, denn alle Dinge haben einen Odor, der Luft ist. GUERICKE gebraucht offenbar den Namen *Odor*, um das zu bezeichnen, was wir nach HELMONT ein Gas nennen. Der Odor vermag feste Körper nicht zu durchdringen. Dadurch unterscheidet er sich von den unkörperlichen Ausströmungen, welche so fein sind, dafs sie alle Körper zu durchdringen vermögen.

Das Wort „unkörperlich" ist hierbei von GUERICKE in uneigentlichem Sinne gebraucht, es soll nichts andres bezeichnen, als den höchsten Grad der Verdünnung; denn es wird ausdrücklich hervorgehoben, dafs auch diese Ausströmungen sich im Raume befinden, und aus der Darstellungsweise GUERICKES geht hervor, dafs er sich die von jenen unkörperlichen Vermögen abhängenden Erscheinungen durchaus mechanisch dachte. Alle Naturvorgänge führt er auf Effluvien zurück. „Die ursprünglichen Eigenschaften sind weder Substanzen noch Accidentien, sondern Effluvationen der Weltkörper (corporum mundanorum), welche in diesen Körpern ihren Sitz haben und von ihnen ausströmen."[1] Diese Ausströmungen sind ursprünglich den Körpern zugehörig, und nur gewisse Eigenschaften sind accidentiell, insofern sie von Einströmungen in fremde Körper herrühren. Das Verhalten der Körper wird demnach auf gewisse Vermögen (virtutes) zurückgeführt, welche jedoch nicht als verborgene Qualitäten, sondern als mechanische Ausströmungswirkungen zu denken sind, und im oben angegebenen Sinne in körperliche und unkörperliche zerfallen. Sie bilden sowohl um die Weltkörper als auch einzelne Körper auf denselben einen Wirkungskreis, eine Aktivitätssphäre, welche in der Nähe des Körpers dichter und wirksamer ist als in gröfserer Entfernung.[2] Sämtliche *Virtutes* wirken in die Ferne

[1] A. a. O. l. 4. c. 1. p. 125.

[2] Als auf unkörperlichen Ausströmungen beruhend werden für die Erde aufgeführt: 1. die *Virtus impulsiva*, welche nach allen Richtungen wirkt, wie man z. B. daran sieht, dafs Schlittschuhläufer nach jeder Richtung hin ihren Schwung lenken können; 2. die *Virtus conservativa et expulsiva*; sie ist nicht eigentlich *attractio*, sondern *appetitus* und *conjunctio*, d. h. die Vereinigung und Erhaltung des Körpers selbst als solchen; die *expulsiva* wird bei den elektrischen Abstofsungserscheinungen beobachtet; 3. die *Virtus directiva* tritt bei den magnetischen Erscheinungen auf; 4. die *Virtus vertens* beherrscht die rotierenden Bewegungen. Dazu kommen die *virtus sonans*, *calefaciens* u. s. w.; der Mond scheint eine *virtus gelufaciens* zu besitzen.

(in distans) und werden von den Körpern reflektiert. Je mehr Materie ein Körper hat, um so mehr *virtus* kann er aufnehmen.[1]

Alle diese Angaben sprechen dafür, daſs GUERICKE bei der Erklärung der Naturerscheinungen eine Art Fernwirkung vorgeschwebt hat, welche durch einen äuſserst feinen Stoff, einen Äther, mechanisch vermittelt wird, und daſs dieser Äther aus Atomen, und zwar aus den kleinsten, die denkbar sind, zusammengesetzt sei. Aber mehr als diese Überzeugung läſst sich bei GUERICKE auch nicht konstatieren. Anwendungen einer Korpuskulartheorie oder Versuche zu bestimmten Erklärungen durch dieselbe macht er ebensowenig, wie er genauere Angaben über die Wirkungsweise seiner „Vermögen" zu bieten vermag. Er beschränkt sich auf eine Beschreibung gewisser Thatsachen, bewegt sich aber meist in allgemeinen Andeutungen über die mögliche Erklärung. Seine Aufzählung von *Virtutes* erinnert unwillkürlich an die Zusammenstellung der verschiedensten „Bewegungsarten" bei BACON. LEIBNIZ hatte GUERICKE vor der Einführung dieser nicht näher definierten *Virtutes* wegen ihrer Verwandtschaft mit den scholastischen Qualitäten gewarnt, deren man jetzt anfange „so viel als möglich zu entbehren".[2]

Wenn es klar ist, daſs GUERICKE unter den Korpuskulartheoretikern von Bedeutung nicht genannt werden kann, so darf doch nicht verkannt werden, daſs seine Ansichten, selbst in der von ihm gegebenen unbestimmten Andeutung, ein Zeichen sind von der Herrschaft, welche die Korpuskulartheorie sich bei den Physikern bereits gesichert hatte, und daſs sie auch bei dem groſsen Ansehen, dessen sich GUERICKE als Experimentator mit Recht erfreute, zur Anregung in weiteren Kreisen dienten. Freilich läſst sich die direkte Wirkung seiner theoretischen Ansichten nicht mit dem Einfluſs vergleichen, den seine Demonstrationen über den luftleeren Raum indirekt auf die Korpuskulartheorie geübt haben. GUERICKEs persönliche Stellung zur Korpuskulartheorie kann uns nicht mehr als eine interessante Erläuterung zu den verschiedenen Strömungen geben, welche zur Ausbildung einer physikalisch begründeten, mechanischen Atomistik zusammenflieſsen.

---

[1] A. a. O. p. 126. — [2] LEIBNIZ an GUERICKE, *Ph. Schr.* I S. 98, 99.

In dieser Hinsicht aber faſst sie in der That alle die Geistesrichtungen zusammen, welche in der theoretischen Physik jener Zeit eine Rolle spielten und in systematischer Weise entweder schon entwickelt waren, oder in ihrer Entwickelung sich vorbereiteten. Als GUERICKES Buch erschien, waren die beiden epochemachenden Entdeckungen der theoretischen Physik, welche die Fortbildung derselben seitdem beherrschen, zwar noch nicht zur Veröffentlichung gereift, aber im Geiste ihrer Urheber bereits konzipiert, die Äthertheorie HUYGENS' und die Attraktionstheorie NEWTONS. Was das Genie dieser groſsen Mathematiker auszugestalten vermochte, daſs es Besitztum der Wissenschaft wurde, das gärte auch in dem lebhaften Geiste GUERICKES. Es war die Vorstellung einer Wechselwirkung aller Körper vermöge einer Aktionssphäre, welche sich rings um jeden derselben ausbreitet und mit der Entfernung von dem wirkenden Körper an Intensität der Wirkung einbüſst, mochte dieselbe nun mechanisch vermittelt sein oder auf einem andren noch unbekannten Naturgesetz beruhen. Dazu war, wenn eine mechanische Erklärung durch Ätheratome, wie sie HUYGENS anstrebte, beabsichtigt wurde, eben jene Anschauungsweise über die Relativität aller Gröſsenschätzung und die unabschlieſsbare Stufenreihe der Gröſsenordnungen notwendig, die bei GUERICKE ebenso lebhaft wie bei HOBBES hervortritt. Und wie bei HOBBES die Fernwirkung durch die Fortpflanzung des Conatus motiviert war, so ist auch GUERICKE der Gedanke einer *actio in distans* geläufig, freilich immer beruhend auf einer mechanischen Vermittelung, welche jedoch so beschaffen ist, daſs sie auf dem Wege zwischen dem aktiven Körper und dem Objekt selbst nicht sinnlich merkbar und durch zwischenliegende Körper nicht behindert ist. Wie lebhaft diese Gedanken um das Jahr 1670 alle physikalisch interessierten Geister beschäftigten, zeigt sich bei dem jungen LEIBNIZ, dessen rasch producierendes Talent als *Hypothesis Physica nova* eine von gleicher Auffassung getragene Welterklärung in die Öffentlichkeit warf,[1] die ebenso stark unter cartesischem wie unter hobbesischem Einflusse steht. In ihr versucht LEIBNIZ die kinetische Erklärung durch die Agitation

---

[1] Ausführliches darüber im 5. Buche, 3. Abschnitt.

des Äthers mit einer Begründung der Realität der Bewegung im Conatus zu vereinen. Dieses Problem der Vermittelung der Bewegung beschäftigte auch Guericke, und seine Phantasie wenigstens strebte nach einer freilich noch unklaren Vorstellung von der Wechselwirkung der Körper. Ehe aber hier neue Bahnen eingeschlagen werden konnten, hatte die Korpuskulartheorie erst noch einen andren Weg bis ans Ende zu gehen.

Vierter Abschnitt.

Giovanni Alfonso Borelli.

1. Die Struktur der Korpuskeln.

Obwohl die Korpuskulartheorie durch die Begründung auf das chemische und physikalische Experiment, welche ihr vornehmlich von Boyle zuteil geworden war, einen ungleich höheren Grad von Sicherheit gewonnen hatte als bei den ersten Erneuerern, und sich nunmehr in Bezug auf ihre Übereinstimmung mit der Erfahrung viel breiter fundiert fand als bei Descartes und Gassendi, so konnte doch auch jetzt von einem eigentlichen Beweise für die Richtigkeit der gegebenen Erklärungen nicht die Rede sein. Abgesehen davon, dafs Boyle die Vorstellungen, welche man sich von den Korpuskeln zu machen hat, im einzelnen ziemlich unbestimmt läfst, dienen dieselben wesentlich nur zur Veranschaulichung der Vorgänge und gestatten dabei der Phantasie noch reichlichen Spielraum. Sollte die Korpuskulartheorie zu einer wissenschaftlichen Theorie der Erscheinungen sich erheben, so mufsten die Gestalten und die Bewegungen der Teilchen bis ins Einzelne so bestimmt werden, dafs die Gesetze der Mechanik auf sie angewendet werden konnten, und aus dieser Anwendung sich die sinnlichen Thatsachen der Erfahrung notwendig ergaben. Erst dadurch konnte es gelingen, Beweise für die Unerläfslichkeit der aufgestellten Hypothesen beizubringen.

Den ersten Versuch, eine derartige vollständige und zum Teil mathematisch begründete Theorie der Korpuskeln auf mechanischer Grundlage aufzustellen, machte Giovanni Alfonso Borelli (1608—1679), der bedeutendste unter den Mitgliedern der *Academia del Cimento.* In der Geschichte der Physik ist er zunächst bekannt durch seine physikalische Theorie der Jupiterstrabanten,[1] welche der Newtonschen Gravitationstheorie die Wege eröffnete, indem er darin zeigte, dafs die Bewegung der Himmelskörper sich erklären lasse aus dem Zusammenwirken einer Attraktionskraft des Centralkörpers und aus der Kraft, welche durch die Beharrung des Körpers in seiner Bahn hervorgerufen wird; ferner durch seine Untersuchungen über die Bewegungen der Tiere, namentlich aber durch seine Entdeckung der Kapillarität, deren wichtigsten Phänomene er sorgfältig beschreibt und zu erklären versucht.

Borellis Korpuskulartheorie findet sich hauptsächlich in seinem Werke *Über die natürlichen Bewegungen, welche von der Schwerkraft abhängen*, das zuerst 1670 erschien.[2] Der Grundgedanke desselben ist, zu zeigen, dafs alle Vorgänge in der Körperwelt sich allein aus der Schwerkraft erklären lassen, wenn man nur den Teilchen der Körper passende Gestalten zuschreibt, so dafs sie durch die nach dem Zentrum der Erde gerichtete Schwerkraft nach mechanischen Gesetzen gezwungen werden, je nach den Umständen auch in andern Richtungen sich zu bewegen. Die Körperteilchen sieht er daher als Maschinen an, welche durch die Schwere bewegt, aber durch ihre Konstruktion in ihrer Richtung bestimmt werden. Da die treibende Kraft somit nur der Druck der Körper auf andre und auf sich selbst ist, so fafst er sämtliche Bewegungen auf der Erde als ein hydrostatisches Problem auf.

Es ist sehr klar, beginnt Borelli seine Untersuchungen, dafs die Bewegung der sublunaren Körper in einem Raume geschehen mufs, der keineswegs von harten, festen und allseitig kontinuierlichen Körpern erfüllt sein darf, weil zwei

---

[1] *Theorica mediceorum planetarum ex causis physicis deducta.* Florent. 1666. Vgl. 5. Buch, 5. Abschn.

[2] Die nur mit der Seitenzahl bezeichneten Citate beziehen sich auf: Joh. Alphonsus Borellus, Neapolit. Mathes. Professor: *De Motionibus naturalibus, a gravitate pendentibus.* Lugduni Batavorum 1686.

Körper sich nicht wechselseitig durchdringen können; es ist daher notwendig, daſs der Raum entweder gänzlich leer ist, oder daſs er wenigstens nur von einem Körper erfüllt sein darf, der leicht aus seinem Orte vertrieben werden kann, weil er zerteilbar (distrahibilis) und flüssig oder in Teilchen vollständig zerlegt (subdivisus) ist. Derartige Körper sind Wasser, Luft und Feuer. BORELLI hält es deshalb für seine Aufgabe, die Bewegung der Körper in Flüssigkeiten dieser Art zu untersuchen, worüber seines Wissens noch niemand gehandelt hat.

Die Voraussetzungen sind dabei: 1. daſs jeder feste oder flüssige Körper schwer ist und eine Kraft oder ein Streben (Conatus) seiner Schwere ausübt, auch wenn er sich in einem ihm homogenen oder nicht homogenen Fluidum befindet; 2. daſs die Kraft oder das Streben, wodurch die flüssigen Körper der Erdwasserkugel sich zu vereinen suchen, in zum Horizont perpendikulärer Linie gerichtet ist; 3. daſs keine spontane und natürliche Bewegung möglich ist für Körper, welche sich dem Erdzentrum nicht nähern können, und daſs solche in diesem Falle ruhen müssen.[1]

Das von ARCHIMEDES vorausgesetzte Prinzip vom Auftriebe, welchen der Druck der Flüssigkeiten erzeugt, wird darauf von BORELLI abgeleitet und eine Anzahl Sätze über Gleichgewicht und Bewegung von Flüssigkeiten hinzugefügt.

Alle Flüssigkeiten auf der Erdoberfläche sind schwer und üben ihre Schwerkraft auch aus, wenn sie sich in *proprio loco* und innerhalb der allgemeinen Flüssigkeit ihrer Art in Ruhe befinden.[2] Dagegen bewirkt Wasser, wenn es durch die Luft herabströmt, keinen Druck auf sich selbst während des Flieſsens, weil sich alle seine Teile gleich schnell nach unten bewegen und dadurch der Wirkung der darüber befindlichen entgehen; wohl aber übt es einen Druck aus auf das Wasser, über welchem es ruht.[3]

Daſs Flüssigkeiten, wie Wasser, Quecksilber u. dgl. schwer sind, wird allgemein zugestanden; daſs aber gewisse Flüssigkeiten, wie Luft und Feuer, auch in die Höhe steigen, scheint schwieriger zu erklären. Man glaubte allgemein, mit ARISTOTELES hierfür eine besondere Eigenschaft derselben, die Leichtigkeit,

---

[1] p. 1—3. — [2] p. 21. — [3] p. 21, p. 34.

annehmen zu müssen. Dennoch liegt die Frage keineswegs schwieriger, als bei dem Aufsteigen von Holz u. dgl. in Wasser. Eine positive Leichtigkeit gibt es nicht.[1] Das Aufsteigen schwerer Körper ist nicht weniger natürlich als ihr Niedersteigen,[2] nämlich ebenfalls eine Folge der Schwere und zwar des Niedersteigens schwererer Körper.[3]

Nachdem die „positive Leichtigkeit" als zulässige Naturkraft abgewiesen ist, handelt es sich darum, Schwere, Gleichgewicht und elastische Kraft der Luft aus ihrer Struktur zu erklären.[4] Hier tritt die Hypothese der Korpuskulartheorie

---

[1] p. 50. — [2] p. 56.

[3] So wird das Feuer durch die Luft in die Höhe getrieben; an und für sich ist es auch schwer, denn im Vacuum fällt der Rauch zu Boden (p. 81). Rauch ist eine dichte Masse kleiner Teilchen des Öls, der Erde und des Wassers, welche diskret und voneinander getrennt sind und, obwohl sehr erhitzt, noch nicht entzündet sind. Die Diskontinuierlichkeit der Teilchen ist am besten am Nebel ersichtlich (p. 83). Die Flamme ist entzündeter und verdünnter Rauch, der durch die umgebende Luft sehr schnell nach oben getrieben wird. Die Entzündung selbst besteht in nichts andrem als in der höchsten Ausdehnung, Verdünnung und heftigsten Agitation der sehr kleinen Schwefelteilchen im Rauche (p. 86). Um die Gestalt der Flamme zu erklären, wird die Bewegung einer Flüssigkeit in einer andren überhaupt untersucht, welche sie infolge des Auftriebs annimmt. Hierauf gibt BORELLI einen ausführlichen und umständlichen Beweis dafür, dafs das Aufsteigen der Körper nicht auf einer positiven Leichtigkeit derselben beruhe. Wir heben hier nur die Definition hervor, welche den Begriff der Leichtigkeit festlegt. Sie lautet: Ein homogener oder heterogener Körper heifst s p e z i f i s c h l e i c h t e r (dünner) als ein andrer, wenn er bei gleichem Volumen (moles) eine geringere Menge materieller körperlicher und sinnlicher Substanz in gleichem Raume enthält; dies kann in der That begriffen werden, wenn man die Ausdehnung der geringeren Menge sinnlich wahrnehmbarer Materie in dem gröfseren Raume des verdünnten Körpers als durch die Zwischenlagerung leerer Räumchen verursacht auffafst (p. 114, 115).

[4] Auch hier schreitet BORELLI zunächst zur experimentellen Feststellung der Thatsachen und ihrer mathematischen Erörterung. In der torricellischen Röhre ist es die Luft, welche dem Quecksilber das Gleichgewicht hält. Wenn Luft über das Quecksilber in den leeren Raum gelangt, so drückt sie dort dasselbe nicht infolge ihrer Schwere, sondern infolge ihrer Elasticität herab. Die Bestimmung des Gewichts der Luft durch MERSENNE hält BORELLI für ungenau. Durch ein neues Experiment, welches er in der Mediceischen Akademie 1660 ausführte, findet er das spezifische Gewicht der Luft wie 1 zu $1175^4/_7$. Das Verhältnis der Dichtigkeit der Luft im Zustande der gröfsten Verdünnung zu derjenigen bei stärkster Verdichtung nimmt er wie

ein. Die Luft scheint zusammengesetzt aus kleinen Maschinen (machinulis), welche zwar durch Anwendung von Gewalt zusammengedrückt werden, aber nachher von selbst wie ein Bogen zurückspringen können.[1] Maschinen müssen die Teilchen sein, um das Zurückspringen zu erklären; denn sonst müſste man ihnen eine gewisse innere Bewegungskraft zuschreiben, sie müſsten durch einen gewissen seelenartigen Sinn den Nachteil wahrnehmen und erkennen, welchen sie in Bezug auf ihre Verdichtung erleiden; denn wenn sie einen solchen nicht wahrnehmen, warum sollten sie sich dann zu einer Wirkung aufraffen? Es ist daher viel vernunftgemäſser, den Luftteilchen eine derartige Struktur zuzuschreiben, daſs sie infolge derselben mit blinder Notwendigkeit gezwungen werden, sich auf eine erfolgte Zusammendrückung wieder zu ihrer früheren Lage zu entfalten. Zunächst ist also anzunehmen, daſs die Luft aus unzähligen nebeneinander gelagerten maschinenartigen Teilchen besteht.

Was nun die Gestalt derselben anbetrifft, so wäre eine mögliche Hypothese die, daſs die Luftteilchen die Figur sehr dünner Hohlkegel hätten, welche magnetische Eigenschaften besitzen, und zwar so, daſs die beiden Magnetpole je an der Spitze und in der Mitte der Basis lägen. Es müſsten dann die Nordpole an den Spitzen stets nach den Südpolen in der Mitte der Basis hingezogen werden, während die Hohlkegel sich dabei frei nach den Seiten bewegen könnten. Die Zusammendrückung würde darin bestehen, daſs durch eine äuſsere Kraft die magnetische Anziehung überwunden und die Hohlkegel wie Tüten ineinander geschoben würden.

Besser jedoch werden die Eigenschaften der Luft durch folgende Hypothese erklärt. Man nehme an, daſs die Luftteilchen zarte Röhren sind, die man sich auf verschiedene Weise elastisch wirksam denken kann. Zuerst kann man voraussetzen, daſs sie aus einem sehr dünnen Blatte bestehen, das zusammengerollt und in sich geschlossen ist. Wenn ein solcher

---

ungefähr 1 zu 2000 an. Die zusammengedrückte Luft dehnt sich beim Nachlassen des Drucks mit ungeheurer Gewalt aus und erreicht ihre gröſste Verdünnung, wenn jede äuſsere Einwirkung (auch der Druck der Luft auf sich selbst) aufgehoben ist.

[1] *Pr.* 123. p. 162.

Hohlcylinder zusammengepreſst wird, geht seine Basis mehr und mehr von der Kreisgestalt zur elliptischen über und wird dann beim Aufhören des Drucks wie ein Bogen zurückspringen. Andrerseits könnte man jedoch auch annehmen, daſs die cylindrischen Luftteilchen aus einem nicht geschlossenen Mantel bestehen, so daſs dieser zusammengedrückt und dabei zu engeren Windungen geschlossen werden kann; dies würde eine noch gröſsere Elasticität bewirken und auſserdem das weitere Zusammendrücken durch Veränderung des Querschnitts nicht ausschlieſsen. Die dritte aber und vorteilhafteste Annahme ist, daſs die Röhrchen der Luft aus einer verzweigten Rute oder aus sehr dünnen und glatten Bändern nach Art einer Spiralfeder gewunden sind, welche ein Zusammendrücken von allen Seiten und ein entsprechendes Zurückspringen zuläſst.[1]

Diese Annahmen genügen nach Borelli zur Erklärung der Eigentümlichkeiten der Luft in Bezug auf die leichte Verschiebbarkeit der Teilchen und ihre Elasticität. Es sind jedoch damit die Komplikationen im Bau der Luftpartikeln noch nicht erschöpft, sondern diese müssen auſserdem einige zottenartige Ansätze (villi) besitzen, welche in den innern Hohlraum des Cylinders Zweige hervorstrecken und durch die Wärme erweicht und biegsam werden.[2] Zur Begründung dieser Hypothese sind indessen erst eine Reihe von Festsetzungen notwendig, welche zur Erklärung des flüssigen Aggregatzustandes dienen.

Zunächst hat man sich klar zu machen, daſs der Zusammenhang der Flüssigkeiten auch nur mechanisch gedacht werden kann. Es gibt in der Natur keine Anziehung oder ziehende Kraft.[3] Man spricht wohl von Anziehungskräften bei den magnetischen und elektrischen Erscheinungen, auch beim Saugen. Aber wer möchte es verstehen, daſs durch eine unkörperliche Eigenschaft, durch natürliche Kraft und unmittelbar ohne körperliches Werkzeug irgend ein Körper bewegt und gezogen werden könne? Ein natürliches Agens, das selbst nicht bewegt ist, kann unmöglich einen andern Körper ziehen, und auſserdem müſste es mit einem Seile oder Haken daran befestigt sein. Es ist daher keineswegs gestattet zu sagen, ein Körper könne, wenn er aus einem ausgedehnten

[1] *Pr.* 125, p. 165 f. — [2] *Pr.* 274, p. 353. — [3] p. 166.

Zustand zurückgeht, einen ihn berührenden Körper ebenso leicht mit sich führen, wie ein sich ausdehnender einen solchen von sich entfernen.[1] Vielmehr sind alle Körper, welche scheinbar angezogen werden, in der That entweder von selbst oder durch eine äufsere Kraft angetrieben. Magnet und Eisen werden (wie in dem Buche *Über die Stofskraft* gezeigt) durch eine natürliche Kraft in spontaner Bewegung gegeneinander bewegt, grade wie die schweren Körper zur Erde. Die elektrischen Anziehungserscheinungen dürften auf Ausströmungen beruhen, da die elektrischen Körper durch das Reiben warm werden und dadurch sich mit einer Atmosphäre von warmen Exhalationen umgeben, welche leichter ist als die umgebende Luft und daher von dieser allseitig gegen den Körper zusammengedrückt wird, wobei die leichten Körper mitgeführt werden. Das Saugen beruht auf dem Drucke der äufseren Luft.[2]

Nachdem festgestellt ist, dafs Wasser und Luft an der Erdoberfläche Gewicht besitzen, eine anziehende Kraft aber nicht existiert, kann nunmehr zur Feststellung des eigentlichen Wesens der Flüssigkeit geschritten werden.

Ein flüssiger Körper ist ein solcher, bei welchem einer der im Gleichgewicht befindlichen Teile desselben von einer äufsern Kraft bewegt werden kann, während die übrigen nicht bewegt sind oder doch in andrer Weise in Bewegung gesetzt werden, als dies bei einem harten Körper der Fall ist.[3]

Gegen diese Definition, die sogar von der aristotelischen nur wenig abweicht, dürfte nichts einzuwenden sein; aber es entsteht die Hauptschwierigkeit, zu entscheiden, ob der flüssige Körper ein Kontinuum ist oder ein Discretum, d. h. ein Aggregat unzähliger vollständig getrennter Partikeln, wie ein Haufen Körner oder Sand. Borelli unternimmt es, das letztre streng nachzuweisen. Mit einer Reihe von Hilfssätzen geht er daran, das Grundprinzip der Atomistik *more geometrico* zu demonstrieren. Der Gedankengang ist folgender:

Es wird zunächst festgestellt, dafs ein substanzieller Körper nicht aus unteilbaren und zwar der Zahl nach unendlichen Punkten zusammengesetzt sein kann. Denn unteilbare Punkte

[1] p. 168. — [2] p. 169. — [3] p. 180.

existieren nur in der Vorstellung und im Denken (fictione et mentis cogitatione). Aus *infinitis non quantis* kann ebensowenig ein Quantum entstehen, wie aus unendlichvielen Nullen eine Zahl.[1] Der Körper kann aber auch nicht aus unendlichvielen endlichen Teilen bestehen; denn unendlichviele *partes quantae* bilden immer eine unendliche Ausdehnung, mögen sie untereinander gleich oder ungleich sein. Dies wird mathematisch bewiesen.[2] Hiermit steht also fest, daſs die Zahl der Teile eine endliche sein muſs. Es fragt sich aber nun, ob diese Teile *actu* getrennt sind oder ein Kontinuum bilden. Das einzige Kennzeichen hierfür liegt, wenn die Teile zu klein oder durchsichtig für die direkte Beobachtung sind, in der Bewegung. Wenn die Teile zusammenhängen, so können sie nur so bewegt werden wie bei einem festen Körper, d. h. entweder mit gleicher Geschwindigkeit, oder, wenn mit verschiedenen Geschwindigkeiten, dann nur so wie bei rotierenden Körpern, d. h. ihre Geschwindigkeiten müssen proportional der Entfernung von der Drehaxe sein. Findet sich ein Teilchen anders bewegt, so kann es mit den übrigen nicht in festem Zusammenhange sein. Wenn also bei einem Körper Bewegungen derartig stattfinden, daſs gewisse Teile bewegt sind, während andre ruhen oder solche Bewegungen besitzen, wie sie mit den Teilen eines harten und festen Körpers nicht in Übereinstimmung zu bringen sind, so muſs der Körper ein Aggregat *actu* getrennter Teilchen sein. Daraus folgt, daſs die Teile von Flüssigkeiten thatsächlich untereinander getrennt sein müssen und kein Kontinuum bilden können.[3] Jetzt erst läſst sich der Hauptsatz der Korpuskulartheorie beweisen: Die ursprünglichen ersten Bestandteile eines flüssigen Körpers sind nicht flüssig.[4] Wären nämlich die kleinsten Bestandteile der Flüssigkeiten selbst flüssig, so würde man bei fortgesetzter Teilung derselben immer wieder zu flüssigen Teilen gelangen. Dieselben würden also nach der Definition der Flüssigkeit unabhängige Bewegungen ihrer einzelnen Teile zulassen, also selbst wieder Teile besitzen, welche thatsächlich voneinander

[1] *Pr.* 134. p. 181 — [2] *Pr.* 135, 136. p. 181, 182. — [3] *Pr.* 137. p. 183.
[4] *Pr.* 140. p. 186. Partes fluidum corpus primum componentes fluidae non sunt.

getrennt sind, wie oben bewiesen. Es könnte also kein noch so kleines Flüssigkeitsteilchen bezeichnet werden, das nicht wieder *actu* geteilt sei; demnach müfste die Flüssigkeit aus unendlichvielen Teilen bestehen, was unmöglich ist.

Abgesehen davon, dafs es auch Aristoteles widerspricht, die Teile der Flüssigkeit als immer wieder flüssig anzusehen, weil nach ihm bei fortgesetzter Teilung kein Naturkörper seine Natur behalte — abgesehen also von der Autorität ergibt sich kraft der Vernunft auch noch ein zweiter Beweis aus folgender Erwägung.

Beständen die Flüssigkeiten aus beliebig kleinen Teilchen, die sich von den andern unabhängig bewegen können, so müfste, da alle irdischen Körper von zahllosen Poren und Gängen durchsetzt sind, das Wasser alle Körper durchdringen können; denn es gäbe keine noch so kleinen Poren, die nicht von den bis ins Unendliche teilbaren flüssigen Teilchen durchströmt werden könnten, zumal auch die kleinste Kraft genügt, ein Wasserteilchen zu verschieben.[1]

Nachdem somit die korpuskulare Konstitution der Flüssigkeiten erwiesen ist, entsteht wieder die Aufgabe, die Korpuskeln so zu gestalten, dafs ihre Eigenschaften zur Erklärung der Erscheinungen ausreichen. Zur Bildung einer Flüssigkeit ist erforderlich eine Trennung aller Teile in sehr kleine Partikeln von solcher Gestalt, dafs sie leicht übereinander hinfliefsen können und alle gleiche bewegende Kraft der Schwere haben, d. h. also die Teilchen müssen sein 1. voneinander unabhängig und äufserst klein, 2. nahezu kugelförmig, 3. spiegelglatt, 4. gleich schwer.[2] Denkt man sich eine Zahl von ganz glatten, gleich schweren Glaskugeln, und diese aufserordentlich klein, so würden diese etwa die Erscheinungen einer Flüssigkeit zeigen. Allerdings wird sich später ergeben, dafs die Konstitution der Wasserteilchen keine so einfache sein kann. Dagegen sei eine andre verbreitete Annahme nicht notwendig, nämlich die von Descartes aufgestellte Bedingung, dafs die Flüssigkeitsteilchen in lebhafter Bewegung sein müfsten.[3]

Als Beweise für diese cartesiche Ansicht sollen hauptsächlich zwei Thatsachen dienen: 1. das Schmelzen durch

---

[1] *Pr.* 141. p. 187. — [2] p. 189. — [3] p. 190.

Feuer und das Sieden, 2. die Auflösung von Körpern in Flüssigkeiten. Es sei jedoch dagegen zu bemerken, daſs die bloſse Ruhe glatter und leichtbeweglicher Teilchen keineswegs genügt, um Festigkeit zu bewirken, daſs also ein Körper, der aus solchen Teilchen besteht, wenn dieselben nicht in Bewegung sind, darum noch nicht fest zu sein braucht. Man sieht dies schon an dem einfachen Beispiele eines Sandhaufens, welcher keinen festen Körper vorstellt, obwohl sich die einzelnen Körner in Ruhe befinden. Es gehört vielmehr zur Festigkeit, daſs die Teilchen des Körpers untereinander verbunden sind. BORELLI widerlegt den cartesischen Hilfssatz, daſs einem bewegten Körper leichter Bewegung mitgeteilt werden könne, als einem ruhenden, und zeigt, daſs die leichtere Beweglichkeit der Flüssigkeitsteilchen nicht damit zusammenhänge, daſs sie schon agitiert sind. Er sucht darauf die oben angeführten Erscheinungen ohne die cartesiche Hypothese zu erklären. Beim Schmelzen werde die Flüssigkeit nur als Accidens erlangt, indem die eckigen Teile des schmelzenden Metalls oder Glases durch Zwischenlagerung der Feuerteilchen getrennt und zum Flieſsen gebracht werden. Er beruft sich dabei auf BOYLES Versuch, bei welchem sich pulverisierter Alabaster in der Hitze wie eine Flüssigkeit verhielt und beim Erstarren einzelne äuſserst kleine Körnchen bildete (s. oben S. 284). Auch die bewegende Kraft der Schwere, welche BORELLI unter den Bedingungen der Flüssigkeit anführt, sei nicht darum herbeizuziehen, um den flüssigen Zustand zu ermöglichen, sondern sie sei nur die Ursache, daſs sich stets die ebene horizontale Oberfläche herstelle.

Weniger glücklich sind BORELLIS Versuche, ohne Zuhilfenahme einer inneren Bewegung der Flüssigkeitsteilchen die Thatsachen der Auflösung zu erklären. Er bestreitet, daſs bei ruhendem Wasser das aufgelöste Salz sich sogleich durch die ganze Wassermasse verteile. Die chemischen Wirkungen könnten allerdings ohne Agitation der Teilchen nicht zustande kommen, aber es sei fraglich, ob diese Agitation die Ursache oder die Wirkung der Fermentation, d. h. des chemischen Prozesses sei. Von BORELLIS Bemühungen, die Vorgänge in den Flüssigkeiten ohne Eigenbewegung ihrer Teile zu erklären, führen wir nur an, daſs das Eindringen des Wassers in Schwämme und in

Bimsstein auf die Schwerkraft und das Gewicht des Wassers zurückgeführt wird, wodurch dasselbe in die leeren, resp. von Luft erfüllten Poren (unter Vertreibung der letzteren) eindringt, daſs also die beobachtete Bewegung eine Folge, nicht Ursache der Flüssigkeit sei. Dasselbe gilt von der Lösung von Körpern im Wasser, indem durch die Schwere des letzteren die dünnen Wände der Poren der Körper durchbrochen oder die Teilchen der Salze voneinander getrennt werden. Nach vollendeter Lösung werden die Partikeln des Salzes nicht durch innere Bewegung des Wassers schwimmend erhalten, sondern durch eine Wirkung der Wasserteilchen auf die Oberfläche der Salzteilchen. Es besitzen nämlich die Teilchen, wie sich noch näher zeigen wird, von Natur eine gewisse anhaftende Kraft (gluten) infolge der Gestaltung ihrer Oberflächen, welche um so stärker wirkt, je kleiner die Teilchen sind, weil sie proportional der Oberfläche ist, während die Schwere dem Volumen proportional ist, also stärker abnimmt als die Haftkraft der Teile, wenn diese verkleinert werden. Je kleiner die Teile, desto gröſser demnach das Hindernis gegen ihr Herabsinken — wir würden sagen, die Reibung —, so daſs es eine Grenze gibt, bei welcher die Hemmung an den Oberflächen gleich der Schwere wird, und bei genügender Kleinheit der Teile das Herabsinken aufhört und Stillstand eintritt. Beim Brennen des Kalkes drückt die Schwere die im Kalk enthaltenen Feuerteilchen heraus und bewegt dadurch das Wasser. Dasselbe findet bei der Lösung der Metalle durch Säuren statt.[1]

Den Erklärungen auf Grund der Schwerkraft scheinen am bedenklichsten die Erscheinungen der Kapillarität zu widersprechen, das Aufsteigen des Wassers in engen Röhren und die Tropfenbildung, da hierbei Kräfte auftreten, welche der Schwerkraft gerade entgegenwirken. Vergeblich wäre es indessen, aus diesem Grunde die cartesische Annahme adoptieren zu wollen, nach welcher die Wasserteilchen länglich und biegsam sind wie kleine Aale, so daſs sie infolge gegenseitiger Verschlingungen die Kapillarerscheinungen, welche der Schwere entgegenwirken, hervorbringen. Denn dazu würden Bewegungen der wurmartigen Teilchen nötig sein, welche Be-

[1] p. 190—204.

lebtheit und Überlegung der Wasserteilchen voraussetzen würden.[1]

Um die Kapillarerscheinungen mechanisch zu erklären, müssen die Wasserteilchen ebenfalls als eigentümlich gestaltete Maschinen betrachtet werden. Es zeigt sich, daſs die wässrigen Flüssigkeiten eine gewisse Viscosität besitzen. Daſs diese von einem Zusammenhange, einer Verbindung (gluten) zwischen den Wasserteilchen abhängt, folgt daraus, daſs sie durch Zusatz zäher Substanz, wie Saft, vermehrt wird, indem die Tropfen alsdann gröſser werden und die Flüssigkeit zu Fäden gezogen und in Blasen aufgebläht werden kann. Ein solcher Zusammenhang kann nur durch die Annahme biegsamer und elastischer kleiner Maschinchen erklärt werden, von welchen die Wasserteilchen wie von einem Flaume umgeben sind. BORELLI nimmt daher an, daſs jedes einzelne Wasserteilchen zwar innerlich fest und hart, von oktaedrischer oder einer andren entsprechenden Gestalt ist, daſs es aber äuſserlich umgeben ist von einem sehr dünnen Flaume, der sich nach Art einer Maschine biegen und wieder zurückspringen kann. Besagte Maschinchen müssen jedoch kurz, gewunden und von geringer Stärke sein, so daſs sie selbstverständlich nur eine sehr unbedeutende und unmerkliche Kraft haben und dem inneren Flusse der Teile des Wassers keinen merklichen Widerstand entgegensetzen können.[2]

Die zu erklärenden Schwierigkeiten sind namentlich: 1. wie und weshalb die Flüssigkeitsteilchen leicht übereinander fortgleiten und doch von der ganzen Flüssigkeitsmasse nur schwer getrennt werden können; 2. weshalb ein dünnes Blättchen, das nahezu ebenso schwer wie das Wasser ist, sich in ihm auf und nieder bewegen kann, als besitze das Wasser keine Zähigkeit; 3. warum gewisse Flüssigkeiten sich nicht mischen und gewisse Körper nicht benetzen.[3]

Die erste Schwierigkeit läſst sich dadurch erklären, daſs die Teilchen des Flaumes, welcher die Wasserteilchen überzieht, zusammenhängen. Je weiter nun bei einem Versuche, die Teilchen voneinander zu entfernen, die kleinen Maschinen des Flaumes ausgedehnt werden, um so gröſser wird, wie dies bei elastischen Körpern der Fall ist, ihr Widerstand gegen

[1] p. 205, 206. — [2] p. 208. — [3] p. 208.

das weitere Biegen und Trennen. Die Teilchen, auf welche eine äufsere Kraft wirkt, hängen daher fester zusammen, als diejenigen, welche sich blofs berühren, ohne gezerrt zu werden. Die letzteren können somit wegen der Biegsamkeit des Flaumes leicht übereinander gleiten, indem beim Fliefsen nicht der Widerstand wie beim Zerren auftritt.[1]

Das Zusammenhängen der Wasserteilchen vermöge ihres Flaumes mufs auch dazu dienen, die übrigen Schwierigkeiten zu lösen. Das Wasser widersteht in der That infolge dieses Zusammenhanges einigermafsen, wenngleich nur in geringem Grade, der Durchdringung durch feste Körper und läfst sich aus demselben Grunde ein wenig zusammendrücken. Für die Existenz dieses verbindenden Flaumes spricht ferner, dafs das Wasser aus einer einzigen engen Öffnung nicht in die Luft ausfliefst. Die Mischung verschiedener Flüssigkeiten wird ebenfalls durch den Flaum verhindert.

Die Bildung kleiner runder Tropfen beruht nicht darauf, dafs dieselben allseitig von der Luft zusammengedrückt werden, auch nicht auf der verschiedenen Bewegung von Luft und Wasser, noch auf einer inneren natürlichen Kraft. Ebensowenig ist die Unzulänglichkeit und Enge der Poren der Luft die Ursache, dafs die Wasserteilchen der kleinen Tropfen sich nicht in die Luft zerstreuen; denn die Wasserteilchen bewegen sich leicht durch die Luft, nicht weil sie durch die Poren der Luft dringen, sondern weil sie die losen und beweglichen Luftteilchen leicht aus ihren Orten verdrängen können.

Die Kapillarerscheinungen beruhen vielmehr darauf, dafs an der Grenze von festen und flüssigen Körpern eine Veränderung des hydrostatischen Gleichgewichts eintreten mufs. Denn infolge des Flaumes, welcher die Wasserteilchen umgibt, stützen sie sich an den Unebenheiten des festen Körpers, an welchen sie grenzen. Betrachtet man nun diesen Stützpunkt als Drehpunkt eines Hebels und das Gewicht des Teilchens selbst als die zu hebende Last, so ist klar, dafs je im Verhältnis der Dimensionen des Teilchens jetzt an dem freien Ende eine geringere Kraft erforderlich sein wird, das Gewicht zu tragen, d. h., dafs es einen geringeren Druck auf die un-

[1] *Pr.* 157. p. 209.

mittelbar benachbarten Teilchen ausüben wird. Infolgedessen wird das Teilchen durch den Wasserdruck gehoben und findet nun mit seinen Ästchen an dem höher gelegenen Teile der Wand einen Stützpunkt. In dieser Weise werden die Wasserteilchen an den Wänden gewissermaſsen übereinander in die Höhe gewälzt, bis das Gleichgewicht eingetreten ist zwischen dem Druck des freien Wassers und dem Gewichte des an der Wand hängenden. Auf dieselbe Weise ist das Aufsteigen in engen Röhren zu erklären.

Bei der Tropfenbildung kommt hinzu, daſs die Wasserteilchen an der Auſsenseite, welche durch ihre Maschinchen zusammenhängen, von der Schwere der im Innern befindlichen nach auſsen gedrückt, also gezerrt werden; dadurch wird aber, wie früher gezeigt, der Zusammenhang der Maschinchen verstärkt, sie hängen jetzt fester zusammen und bilden gleichsam eine Haut oder einen Sack, welcher durch die Schwere der im Innern frei beweglichen Teilchen gespannt wird. Wir haben hier die Erklärung der Tropfenbildung aus einer Art Oberflächenspannung, welche aus der künstlichen Konstruktion der Wasserpartikeln abgeleitet ist. Diese Oberflächenspannung wird von Borelli zu einer Reihe von Erklärungen über die an Tropfen beobachteten Erscheinungen benutzt. Auch daſs ein Teil des Wassers in der Kapillarröhre hängen bleibt, wenn man diese aus dem Wasser emporhebt, wird aus der Verkettung der Oberflächenteile abgeleitet, welche durch den Druck des gehobenen Wassers angespannt werden und dadurch wie ein Netz wirken.

Bei Gelegenheit der Wiederholung des Gilbertschen Versuches, magnetisierte Nadeln auf Wasser schwimmen zu lassen, entdeckte Borelli die Thatsache, daſs leichte auf Wasser schwimmende Körper in der Nähe sich anziehen, resp. abstoſsen. Er untersuchte diese Erscheinungen näher an Blättchen von Messing und Holz und erkannte die Ursache der Anziehung resp. Abstoſsung in der Gestalt der durch die Gegenwart der festen Körper veränderten Oberfläche. Diese Entdeckung fällt nach seiner Angabe[1] etwa 32 Jahre vor Abfassung seines Buches *De motibus naturalibus* etc., also spätestens 1638; er teilte

[1] Cap. 9, p. 244.

sie verschiedenen Freunden mit und zeigte sie im Jahre 1655 vor den Herzögen von Florenz und Toskana und dem Kardinal LEOPOLD, sowie vor den Mitgliedern der *Academia del Cimento.*[1] Die Sorgfalt seiner Untersuchungen und die Ausführlichkeit seiner Theorie würden, obgleich letztere unrichtig ist, wohl verdienen, dafs man diesen Teil der kapillaren Phänomene als BORELLIsche bezeichnete. Auch den Einflufs, welchen der Kapillardruck auf das Einsinken schwimmender Körper übt, hat er bereits erkannt.[2]

Man würde die Korpuskulartheorie BORELLIS falsch beurteilen, wenn man glaubte, dafs sie etwa gerade an diesen Anziehungserscheinungen gescheitert sei, für die übrigen Kapillarerscheinungen jedoch ausgereicht habe. BORELLI hat zur Erklärung seiner Beoachtungen seinen früheren Hypothesen keine neue hinzugefügt, es genügte ihm die Thatsache, dafs sich an den festen Körpern Erhöhungen oder Vertiefungen der Flüssigkeit bilden. Auf diesen Umstand stützte er seine Theorie, indem er zu beweisen suchte, dafs von zwei gleich hohen (kapillaren) Wassererhebungen diejenige einen gröfseren Druck auf das darunter liegende Wasser ausübe, welche die gröfsere Neigung besitze. Seine Flaumtheorie, wonach die Oberflächenteile untereinander zusammenhängen und an dem festen Körper adhärieren, war wohl geeignet, eine Veränderung des hydrostatischen Druckes zu motivieren, aber er konnte nicht auf das richtige Abhängigkeitsverhältnis dieser Veränderung von der Richtung und Krümmung der Oberfläche kommen. Man wird ihm diese erst viel später erfolgte Entdeckung verfehlt zu haben nicht zum Vorwurfe machen können, sondern das ernste und konsequente Streben anerkennen müssen, auf Grund seiner Voraussetzungen den ersten Versuch zu einer mathematischen Theorie der Kapillarität gemacht zu haben.

Für BORELLIS Korpuskulartheorie ist die Annahme eines Vacuums unentbehrlich. Er geht daher an eine sorgfältige Begründung der Berechtigung dieser Annahme. Er zeigt, dafs die Bewegung im Leeren mit endlicher Geschwindigkeit vor sich gehen müsse,[3] und widerlegt ausführlich die von ARISTOTELES gegen die Möglichkeit des leeren Raumes vorgebrachten Gründe,[4]

[1] p. 246. — [2] p. 263. — [3] p. 276. — [4] p. 321 ff.

sowie eine Reihe andrer Einwände gegen das Vacuum. Das Aufsteigen des Wassers im luftleeren Raum führt er natürlich auf den Druck des unter dem Druck der Luft stehenden äufseren Wassers zurück. Die Dimensionen des Vacuums sind nach Borelli nicht real, sondern blofse Privationen, aber es ist darum nicht wahr, dafs sich alles berühre, was keinen Körper zwischen sich hat; sondern Berührung findet nur bei Verbindung der Enden statt, der leere Raum aber bewirke sehr wohl eine Trennung.[1]

Er geht aber auch daran, einen direkten Beweis für das Vorhandensein des leeren Raumes zu geben. Wenn es möglich ist zu zeigen, dafs die letzten Teilchen der Körper absolut starr und hart sind, und wenn sie nicht solche Gestalten haben können, dafs sie bei allen vorkommenden Bewegungen fest aneinander schliefsen, so würden offenbar leere Räume unvermeidlich sein.

Borelli zeigt daher zunächst, dafs die letzten Teile der Flüssigkeiten ebenfalls starr sind. Da er schon bewiesen, dafs sie nicht flüssig sind, bleibt nur noch zu zeigen, dafs sie auch nicht weich und nicht biegsam sein können. Dafs die letzten Teile der weichen und biegsamen Körper nicht selbst wieder weich und biegsam sind, wird dabei mit denselben Gründen bewiesen, wie der entsprechende Satz für die flüssigen Körper. Die Definitionen des Weichen und Biegsamen setzen voraus, dafs die Teile solcher Körper bewegt werden können, ohne dafs die übrigen Teile des betr. Körpers in der Weise mitbewegt werden, wie es bei harten und starren Körpern der Fall ist. Daraus aber folgt, dafs die Teile *actu* getrennt bestehen. Wären nun die erhaltenen Teile selbst wieder weich oder biegsam, so müfsten diese selbst wieder getrennte Teile haben, und dieser Schlufs würde zu unendlichen Teilen führen, was nicht statthaft ist. Es mufs also zuletzt harte und starre Teilchen geben, welche selbst nicht wieder innere Verschiebungen und somit selbständige Teile zulassen.[2]

Als starr und hart müssen die letzten Teilchen der Körper eine bestimmte und unveränderliche geometrische Figur besitzen; es fragt sich daher, welche Figuren den Raum voll-

---

[1] *Pr.* 255, p. 330. — [2] *Pr.* 260, 261. p. 336, 337.

ständig erfüllen können, bezüglich welche Figuren bei ihrer Bewegung die vollständige Raumerfüllung beizubehalten vermögen.

Zu den ersteren gehören zunächst alle prismatischen Figuren, deren Grundflächen die Ebene vollständig ausfüllen. Von regulären Körpern erfüllt nur ein einziger diese Bedingung, nämlich der Würfel. Dies habe MAUROLYCUS (1494—1575) nachgewiesen in seinem noch nicht herausgegebenen Werkchen *De figuris spatium implentibus*; er deckte auch die Hallucinationen des ARISTOTELES und AVERROES auf, daſs 12 Pyramidenecken den Raum um einen Punkt erfüllten, und zeigte, daſs dazu 8 Pyramidenecken und 6 Oktaederecken gehören.[1]

In Bezug auf die Bewegung kann die Raumerfüllung nur erhalten werden bei der Verschiebung prismatischer Körper in der Richtung der Axe und bei der Rotation von Kugeln, Kegeln und Rotationskörpern überhaupt um ihre Axe. In allen andern Fällen müssen Trennungen von den benachbarten Körpern und daher leere Räume entstehen. Es sind also bei der Mannigfaltigkeit der in der Natur vorkommenden Bewegungen leere Räume ganz unvermeidlich. Es könnte übrigens, wenn man selbst die Erfüllung aller Räume durch eine feine Flüssigkeit zugeben wollte, das vorübergehende Entstehen leerer Räume nicht vermieden werden, weil bei der Trennung aneinanderschlieſsender starrer Körper voneinander plötzlich und instantan eine Öffnung entsteht, in welche die ausfüllende Flüssigkeit doch nur successiv eintreten kann. Dasselbe gilt von der Zerreiſsung biegsamer Körper.[2] Auch bei der Bewegung einer Flüssigkeit zwischen einer Flüssigkeit entstehen kurze Zeit andauernde leere Räumchen. Der cartesische Äther, welcher zur Ausfüllung der Zwischenräume immer bereit sein soll, kann, wenn man einen solchen höchst feinen und durchdringenden Stoff zugeben wollte, doch selbst ebensowenig wie ein andrer Körper ohne Zwischenlagerung von Leerem bewegt werden. Sogar die ruhenden Körper müssen zwischen ihren Teilchen wegen der Gestalt derselben zahllose leere Zwischenräume enthalten.[3] Es ist daher zweifellos, daſs es nicht nur auſserhalb der sinnlichen Welt einen leeren Raum, sondern auch innerhalb

[1] *Pr.* 262. p. 338. *Pr.* 263. p. 339. — [2] p. 341, 342. — [3] p. 346.

derselben notwendigerweise unzählige vollkommen leere Stellen gibt.[1]

Über die Konstruktion und das Zusammenwirken der Luft- und Wasserteilchen gibt eine spezielle Frage interessante Auskunft, warum nämlich unter den Flüssigkeiten allein die wässrigen Körper die Erscheinung zeigen, beim Gefrieren unter ungeheurer Kraftentwickelung an Volumen (moles) zuzunehmen. Man mufs die Begriffe Dichtigkeit und Härte wohl auseinander halten und nicht glauben, wie im gewöhnlichen Leben zu geschehen pflegt, dafs ein Körper, welcher verdichtet wird, darum auch notwendig härter, oder ein sich ausdehnender Körper weniger hart werden müsse. Wenn Wasser gefriert, so wird es darum nicht verdichtet; der Versuch zeigt vielmehr, dafs es sich beim Erstarren ausdehnt. Wie ist dies zu erklären? Nicht durch die Einmischung und Zwischenlagerung Kälte erzeugender Teilchen, wie GASSENDI meint; denn es müfste sich sonst die Erscheinung bei allen gefrierenden Körpern zeigen; auch nicht durch die Beimischung von aufsen kommender Luft, denn es geschieht auch unter Luftabschlufs. Ebensowenig kann die Erklärung DESCARTES' aus der Ausstreckung seiner aalartigen Teilchen gebilligt werden; denn abgesehen von der Absurdität dieser Annahme über die Gestalt der Wasserkorpuskeln, die schon früher zurückgewiesen wurde, zeigen sich beim Erstarren eine grofse Menge vorher nicht wahrnehmbarer Luftteilchen.

Zur Lösung des Problems ist zunächst zu bemerken, dafs sich im Wasser immer eine grofse Anzahl Luftteilchen befinden, wie das Heraustreten der Luft aus dem Wasser im luftleeren Raume beweist. Auch im Eise zeigt der Versuch das Vorhandensein von Luft. Man wird sich den Sachverhalt am besten folgendermafsen vorstellen. Die Wasserteilchen sind bedeutend kleiner als die Luftteilchen. BORELLI meint, es gehe dies daraus hervor, dafs Wasser noch durchdringen könne, wo die Luft nicht mehr durchzudringen vermöge. Man mufs nun annehmen, dafs die aus glatten Fäden oder Ästchen spiralförmig gewundenen Röhren der Luftteilchen ebenso wie die Wasserpartikeln einige Zotten (villi) besitzen, welche in den innern Hohlraum der Cylinder Zweige vorstrecken. Die Absorption

[1] p. 347.

der Luft im Wasser geschieht nun nicht durch die Aufnahme der Luftteilchen in die Poren der Wasserteilchen, sondern die Wasserteilchen stecken im Innern der röhrenförmigen Luftkorpuskeln. Die Zotten der Luftteilchen sind in der Wärme weich und biegsam infolge des Zutritts der Feuerteilchen; wenn aber die Feuerteilchen heraustreten, wie das beim Gefrieren geschieht, so werden jene starr und fest. Dadurch treiben sie die in den Hülsen der Luftteilchen befindlichen Wasserteilchen hervor, und infolgedessen nimmt das Wasser jetzt einen gröfseren Raum ein; die nunmehr leeren Röhren der Luftteilchen bilden die Luftblasen, welche man beim Erstarren des Wassers neu auftreten sieht. Die Ausdehnung des Wassers beim Gefrieren beruht also nicht auf dem Auseinandertreten seiner Teilchen, sondern auf der Entstehung von Poren innerhalb der röhrenförmigen Luftteilchen. Dies hindert nicht das Festwerden, vielmehr beruht die Festigkeit des Eises wahrscheinlich auf der Verflechtung der äufseren Zotten und des Flaumes der Luft- und Wasserteilchen, die durch den Austritt der Feuerteilchen starr werden. Es erklärt dies auch, warum andre Körper, wie Luft, Weingeist, Quecksilber, nicht erstarren, weil nämlich ihren Korpuskeln jene eigentümliche Konstitution fehlt, welche die Bedingung der gegenseitigen Verschlingung der Teilchen und somit des Erstarrens der Körper ist. Dafs beim Gefrieren des Wassers eine so ungeheure Kraft der Ausdehnung entwickelt wird, beruht auf der aufserordentlich grofsen Anzahl der zusammenwirkenden Teilchen.[1]

Je mehr Korpuskeln von festen Körpern, Erdteilchen, einer Flüssigkeit zugemischt sind, um so zäher wird sie; ihre Teile leisten den Verschiebungen gröfseren Widerstand. Bei den festen Körpern endlich sind die Teilchen so miteinander verbunden, dafs sie sich nur durch bedeutende Kräfte aus ihrer Lage verdrängen lassen. Dies gilt jedoch nur, insofern es sich um eine wirkliche Trennung der Teilchen handelt. Sehr wohl aber lassen auch die Korpuskeln der festen Körper kleine Verschiebungen zu; ohne dieselben wäre es nicht möglich, dafs die Körper zusammendrückbar und dehnbar, sowie elastisch sind, und dafs sie beim Stofse in Zitterungen geraten, welche sich

[1] p. 347—359.

an die Luftteilchen fortpflanzen und als Schall wahrnehmbar werden.[1] Da sich nun ein Stofs durch den ganzen Körper fortpflanzt, und dieser selbst in Schwingungen geraten kann, so mufs man annehmen, dafs die Körper alle aus unzähligen biegsamen Teilchen bestehen, welche die Gestalt von allerlei Plättchen, Ruten, Bogen, Keilen u. dgl. besitzen und nicht allseitig fest miteinander verbunden sind, sondern zahllose leere Hohlräume zwischen sich lassen, so dafs sie wie kleine elastische Maschinen zusammengedrückt und gebogen werden können, dann aber in ihre frühere Lage wieder zurückspringen.[2] Auch die Biegsamkeit der Körper beweist, dafs ihre Teilchen einen gewissen Spielraum für ihre Bewegungen besitzen, ohne welchen eine Gröfsenveränderung der Poren nicht möglich wäre.[3] In die Poren selbst vermögen die keilförmigen Partikeln des Feuers (Wärmestoffs) mit grofser Geschwindigkeit einzudringen und dieselben zu erweitern, worauf die Ausdehnung durch die Wärme beruht.[4] Auch hier geht BORELLI sorgfältig auf Einzelheiten ein. Was von den Feuerteilchen in Bezug auf die Durchdringung der Körper gilt, gilt zum Teil in noch höherem Grade von den magnetischen Effluvien.

Das Gesamtbild der BORELLIschen Korpuskulartheorie stellt sich also in der Weise dar, dafs die Korpuskeln der festen, flüssigen und gasförmigen Körper einen künstlichen Bau nach Art von Maschinen besitzen, welcher so eingerichtet ist, dafs sie unter dem Einflufs von Kräften nach mechanischen Gesetzen die erhaltenen Bewegungen fortpflanzen und dadurch die sinnlichen Erscheinungen hervorrufen. Diese Körperkorpuskeln selbst besitzen keine Eigenbewegung, mit Ausnahme ihrer Schwere, welche sie zur Vereinigung nach dem Erdmittelpunkte hintreibt. Es fragt sich demnach, wie diese Schwere zu denken ist.

2. Die Bewegung der Materie.

BORELLI ist der Meinung, es sei anzunehmen, dafs es aufser den trägen und ruhenden Körpern in der Natur auch noch gewisse ätherische und lebendige (spirituosa et vivida) Körper

[1] *De vi percussionis.* Lugd. Bat. 1686. p. 150.
[2] *De vi perc.* p. 172—174. — [3] A. a. O. p. 184. — [4] A. a. O. p. 188.

gebe, welche eine Eigenbewegung besitzen, die ihnen von Gott bei der Schöpfung mitgeteilt worden, so daſs sie beim Zusammentreffen mit den ersteren diesen einen gewissen Grad des Antriebs erteilen, kraft dessen dieselben sich bewegen. Die Bewegung dieser ätherischen Substanzen dürfte eine gleichförmige, nicht beschleunigte sein, weil bei ihnen der natürliche Antrieb zur Vermehrung ihrer Geschwindigkeit fortfällt. Wenn sie auf ihrem Wege auf ein Hindernis treffen, so wird zwar ihre Bewegung verlangsamt oder auch aufgehalten, ihre bewegende Kraft aber wird dadurch keineswegs geschwächt oder zerstört, sondern sie treibt das Hindernis immer mit eben demselben Drange (conatus) an. Es entsteht keine träge und tote Berührung, sondern die im Gleichgewicht befindlichen Kräfte erzeugen eine gewisse Spannungswirkung (tonica actio), und bei Beseitigung des Hindernisses tritt wieder die bewegende Kraft frei hervor und zeigt sich im Durchlaufen des Weltraumes.[1]

Die Beschleunigung der Körper nach der Erde zu kann durch den Stoſs antreibender Körper hervorgebracht werden, nicht dadurch, daſs die bewegende Kraft intensiv zunimmt, sondern dadurch, daſs die extensive Wirkung durch die gleichbleibende Wiederholung der Stöſse sich vervielfältigt. Wenn dabei die stoſsenden Körper dem gestoſsenen nachfolgen, so kann die Beschleunigung keine gleichmäſsige sein, sondern sie muſs allmählich abnehmen, weil die Differenz der Geschwindigkeiten zwischen den stoſsenden Körpern und dem beschleunigten sich fortwährend vermindert; und wenn beide Geschwindigkeiten gleich groſs geworden sind, kann eine weitere Beschleunigung nicht stattfinden.[2] Eine gleichförmig beschleunigte Bewegung kann nur dann eintreten, wenn der Körper von einer Kraft angegriffen wird, die ihn auf seinem Wege stets begleitet und ohne ihn zu verlassen antreibt.[3] Bei der Schwere kann die Beschleunigung ihre Ursache nicht in dem Nachstürzen der Luft haben, sonst müſsten auch die in die Höhe geworfenen Körper beschleunigt werden.[4] Magnetische Effluvien der Erde können dieselbe auch nicht hervorrufen, denn diese müſsten entweder selbst wieder nach der Erde hin beschleunigt werden,

---

[1] *De vi perc.* p. 124—126. — [2] A. a. O. p. 128. — [3] A. a. O. p. 129.
[4] A. a. O. p. 138.

oder sie könnten, wie oben gezeigt, keine gleichförmige Beschleunigung erzeugen.[1] Die bloſse Annäherung an die Erde kann ebensowenig der Grund sein.

Man könnte daher zur Erklärung der Gravitation annehmen, daſs alle Körper in ihren Poren eine Menge sich bewegender ätherischer Korpuskeln eingeschlossen enthalten, welche durch ihre natürliche, ewige Bewegung der Erde zutreiben und, da sie in den Poren des trägen Körpers gleichsam wie in einem Gefängnisse verstrickt sind, die Wände desselben mit gleichmäſsigem Antriebe nach der Erde hinstoſsen. Wenn diese Hypothese auch nicht der Wahrscheinlichkeit entbehre, so habe sie doch die Schwierigkeit, daſs, wenn die Gröſse der Schwere von der Menge des in den Poren enthaltenen Äthers abhinge, gerade die Körper mit den gröſsten Poren die schwersten sein müſsten, während im Gegenteil erfahrungsgemäſs diejenigen Körper spezifisch schwerer sind, welche in gleichem Volumen die gröſsere Menge Materie enthalten, wie z. B. Gold und Eisen. Man müſste denn glauben, daſs der Äther wegen der Enge der Poren stärker antreibt, was nicht wahrscheinlich ist.

Es bleibt daher nur folgende Vermutung als die befriedigendste übrig. Wenn man nicht annehmen will, daſs die dem materiellen Teile der Körper eingepflanzten Ätherteilchen durch eine ihnen zukommende Kraft gleich einer Form sich selbst und die eingeformte Materie bewegen, so ist es vernunftgemäſs vorauszusetzen, daſs alle Teile der Erde sich selbst bewegen. Wenn es, wie ganz sicher ist, überhaupt Körper gibt, die sich von selbst bewegen, und die schweren Körper, wie ersichtlich, nicht von fremdem Antrieb bewegt werden, was macht es dann aus, ob die sich bewegenden Körper der Äther (spiritus) oder die körperliche schwere Materie selbst sind, oder beide in Verbindung zugleich? Sind ja beide doch Körper und müssen sich mit beschleunigter Bewegung bewegen, können somit auch beide von derselben bewegenden Kraft affiziert sein. So werden alle Schwierigkeiten vermieden, ohne daſs es absurd erscheint, das, was für die ätherischen Körper zugestanden ist, auch den materiellen Teilchen zuzuschreiben.

---

[1] A. a. O. p. 139.

Man hat demnach in den schweren Körpern eine Kraft anzunehmen nicht zur Bewegung als solcher, sondern zur Herstellung der nötigen Gleichgewichtslage mit der ganzen Erde; und so lange ein Körper diese nicht erreicht hat, mufs er mit immer demselben Antriebe herabsteigen, also während der Bewegung sich gleichförmig beschleunigen und in der Ruhe einen Druck ausüben.[1]

Die BORELLIsche Hypothese der Gravitation kommt somit darauf hinaus, den Teilen der Materie einen Bewegungsantrieb zuzuschreiben, welcher nach dem Mittelpunkt der Erde hin gerichtet ist. Man kann nicht leugnen, dafs in dieser Annahme der Fortschritt über die natürliche Bewegung der Schwere, wie sie ARISTOTELES lehrte, im wesentlichen in nichts andrem besteht, als dafs alle Körper in Bezug auf die Erde gravitieren und sich dabei beschleunigen. Eine Anziehung der Erde ist darin nicht ausgesprochen, obwohl die Vorstellung dieses sich immer gleich bleibenden Antriebes, der auch während der Ruhe nicht aufhört, der modernen Anschauungsweise sehr nahe kommt. Nur ist nicht die Erde als solche in ihrer Wechselwirkung, sondern die schweren Körper sind als die Träger der die Annäherung bewirkenden Kraft vorgestellt, und es ist auch noch in keiner Weise davon die Rede, dafs alle Teile der Materie gegeneinander gravitieren. Die Vorstellungsweise BORELLIS grenzt zwar dicht an die dynamische, aber sie ist noch durchaus kinetisch, nur erweitert durch die Voraussetzung, dafs der Conatus der Bewegung mit der aktuellen Bewegung als gleichberechtigt erkannt wird. Wir haben bei HOBBES diese Ansicht ausgebildet gesehen.

Was die Bewegung der Ätherteilchen anbetrifft, welche ihren Impetus unverändert beibehalten, auch wenn sie aufgehalten werden, und nach jedem Hindernis mit der konstanten ursprünglichen Geschwindigkeit weiter gehen, so erinnert dies vollständig an GASSENDI, nur dafs bei diesem die ursprünglich bewegten Atome nach dem Stofse sofort eine andre Richtung einschlagen. BORELLI verzichtet, wie gesagt, auf die Mithilfe dieser Ätherteilchen zur Erklärung der Schwere. Aber er bedarf ihrer zu einem andren Zwecke. Zu den mit lebendiger

[1] *De vi perc.* p. 140, 141.

Kraft, d. h. mit Eigenbewegnng ausgestatteten Teilchen der Materie gehören die magnetischen Effluvien und auch die Feuerpartikeln, auf welche sich die Theorie der Wärme stützt. Vor allem aber sind sie notwendig zur Erklärung der Elasticität.

Wir haben bis jetzt unerörtert gelassen, worauf jene Gegenwirkung gegen den Druck sich gründet, welche die elastischen, von der Schwere zusammengepreſsten Korpuskeln wieder in ihre ursprüngliche Lage und Gestalt zurückführt. Die Atome, aus denen die Korpuskeln bestehen, sind starr und absolut hart, ihre Teile sind nicht mehr verschiebbar. Ihnen oder den Korpuskeln die Fähigkeit zuzuschreiben, von sich selbst wieder in den früheren Zustand zurückzukehren, das hieſse ihnen ein Bewuſstsein ihrer Lage oder eigenes Leben beilegen und widerspricht der ganzen mechanischen Grundrichtung der Borellischen Naturauffassung. Es muſs also eine andre Gegenwirkung gegen die Deformation durch die Schwere gesucht werden.

Die gassendische Erklärung der Elasticität will Borelli nicht anerkennen. Nach Gassendi sollte, sowie die Reflexion als eine Fortsetzung der ursprünglichen Bewegung mit veränderter Richtung infolge einer Art Gleitens auf enggekrümmter Bahn erschien, auch das Zurückspringen eines elastischen Stabes aus seiner gebogenen Lage nur eine besondere Form der Reflexion sein. Borelli dagegen sucht die Ursache in der Gegenwirkung einer unabhängigen Bewegung.

Die wirkende Kraft kann dabei unter Umständen die Schwere selbst sein, wenn nämlich der elastische Körper sich in einer Flüssigkeit wie Luft oder Wasser befindet, so daſs die Teilchen der letzteren in seine zusammengedrückten Poren hineindringen und sie wieder erweitern.[1] In der Regel aber wird diese Rolle den mit Eigenbewegung begabten äuſserst minimalen Partikeln des Feuers, des Lichtes oder der magnetischen und andrer Effluvien zufallen, welche durch ihre sehr rasch widerholten Stöſse die durch den äuſseren Druck verengten Poren auseinander treiben.[2] Daraus erklärt sich die groſse und unverminderte Kraft der Elasticität, welche sofort nach dem Aufhören des Drucks in Thätigkeit tritt. Es ist

[1] *De vi perc.* p. 191. — [2] A. a. O. p. 192.

also die Agitation der ätherischen Teilchen, welche auch die unveränderlichen letzten Bestandteile der Molekularmaschinen antreibt und in ihrer ursprünglichen Lage erhält. So ist denn auch die Hilfshypothese elastischer Korpuskeln zuletzt auf kinetische Prinzipien zurückgeführt.

3. Rechtfertigung und Kritik der Borellischen Theorie.

Borellis Korpuskulartheorie gilt wegen der komplizierten Gestaltung seiner elastischen Molekularmaschinen gewöhnlich als der Gipfel der Absonderlichkeit, zu welcher künstliche Hypothesenbildung sich verirren könne.

Daſs der eingeschlagene Weg thatsächlich zu keinem Ziele führen konnte, läſst sich heute übersehen; aber eine eingehendere Betrachtung zeigt, daſs wir es bei Borelli keineswegs mit willkürlichen Phantasien zu thun haben, sondern vielmehr mit einer notwendigen Konsequenz gassendischer Prinzipien. Der Schein, als lägen hier unberechtigte Voraussetzungen vor, entsteht nur dann, wenn man übersieht, daſs jene künstlichen Maschinen durchaus nicht die letzten Teile der Materie sind, daſs also die ursprünglichen Atome weder als elastisch und biegsam noch selbst als absonderlich gestaltet vorausgesetzt sind. Jene spiralig zu Röhren gewundenen oder mit wollartigem Flaum besetzten Korpuskeln sind vielmehr bereits Molekeln. Es liegt aber an sich kein Grund vor, die molekularen Konkretionen der Atome als besonders einfach anzunehmen, sondern hier kann nur die Brauchbarkeit und der Erfolg der Hypothese entscheiden. Alles spricht dafür, daſs auch die Molekeln der modernen Physik in den Flüssigkeiten bereits verwickelte Komplexe sind, und namentlich die organische Chemie muſs ja auſserordentlich zusammengesetzte Systeme von Atomgruppen annehmen. Der Unterschied beruht also nur in der Eigentümlichkeit des Baues, bei welchem Borelli als Analogon die zu technischen Zwecken dienenden Maschinen, den Modernen dagegen mehr das aus der Astronomie entlehnte stabile System von Massenpunkten vorschwebte. Beide Vorstellungen sind nur Hilfsmittel der Veranschaulichung, deren Wahl jedoch einen tieferen Hintergrund hat, nämlich den Unterschied in der mechanischen und dynamischen Übertragungs-

weise von Bewegungen, welcher die antike Mechanik von der modernen überhaupt trennt.

Betrachtet man indessen die Grundbestandteile der Materie, so sieht man, dafs BORELLI in der vollen Konsequenz der philosophisch fundierten Atomistik steht. Er weist nach, dafs alle Körper zuletzt aus starren Partikeln von absoluter Härte zusammengesetzt sind, und man kann für dieselben jenen Begriff der Solidität in Anspruch nehmen, dessen wissenschaftliche Berechtigung GASSENDI nachgewiesen. Insofern ist also BORELLI durch die philosophische Arbeit des Jahrhunderts getrennt und hinausgehoben über die unberechtigten und der blofsen Versinnbildlichung dienenden Annahmen eines MAGNENUS und andrer, welche den Atomen selbst wieder verschiebbare Teile oder Qualitäten zuschrieben.

Man wird ihm daher das Verdienst nicht absprechen können, die kinetische Atomistik, deren Grundlagen GASSENDI vertrat, zu einem System der Korpuskularphysik ausgebaut zu haben mit allen Hilfsmitteln, welche ihm der Fortschritt der Experimentalphysik zu Gebote stellte. Er unternahm es, der Korpuskulartheorie ein mathematisches, auf mechanische Gesetze begründetes Fundament zu schaffen, indem er sich nicht damit begnügte anzugeben, wie sich vielleicht die korpuskularen Vorgänge mit einer gewissen Anschaulichkeit vorstellen liefsen, sondern indem er mathematisch nachzuweisen suchte, dafs seine Hypothesen in der That die beobachteten Erscheinungen zur Folge haben müfsten. Er benutzte hierzu zwei Grundkräfte oder richtiger zwei Grundformen der Bewegung, nämlich die unerschöpflich sich erhaltende Energie einer ätherischen Materie von äufserst kleinen Atomen, und die Eigenschaft der eigentlichen Körperkorpuskeln, einen bestimmten Gleichgewichtszustand in Bezug auf die Erde anzustreben, ihre Schwere.

Auf die Wechselwirkung dieser Schwere, als eines Grundgesetzes der Natur, mit der Agitation ätherischer Substanzen sollen nun alle übrigen Bewegungen der irdischen Körper zurückgeführt werden. Man mufs anerkennen, dafs es ein genialer und weitreichender Blick ist, mit welchem BORELLI in der Mannigfaltigkeit der Naturkräfte eine mechanische Einheit sieht, nämlich ein hydrodynamisches Problem, die Wechsel-

wirkung der festen, flüssigen und gasförmigen Körper. In der Art, wie er an die Auflösung desselben im einzelnen geht, zeigt sich strenge Methode und mathematische Schulung, wenn auch freilich das mathematische Genie eines HUYGENS, NEWTON oder LEIBNIZ fehlte, um den weiterführenden Gesichtspunkt zu finden. BORELLI bewegt sich in den Grenzen der antiken Mathematik und zum grofsen Teile, trotz seiner Stofstheorie, noch in denen der alten Mechanik. Allerdings hatte er sich GALILEIS Auffassung der Bewegung zu eigen gemacht und die Ableitung der Pendelbewegung richtig darauf gegründet. Auch hat er die gassendische Vorstellung von der Diskontinuierlichkeit der Bewegung überwunden, er hebt hervor, dafs letztere in einem successiven Passieren aller Raumteile besteht, dafs sie zu den kontinuierlichen Gröfsen und zur Gattung der fliefsenden Gröfse gehört.[1] Die Geschwindigkeit erklärt er ausdrücklich für eine intensive, nicht extensive Gröfse und sieht den Unterschied der Geschwindigkeiten in einer intensiven Stärke oder Energie.[2] Auch weifs er sehr wohl, dafs die Energie des Stofses und der statische Druck zwei Begriffe verschiedener Gattung sind, die sich deswegen nicht aneinander messen lassen. In seiner Korpuskulartheorie herrscht trotzdem die Anschauung der Statik vor. Er löst die einzelnen Aufgaben in eine Untersuchung von Druckunterschieden auf und führt die Veränderung der Richtung von Bewegungen oder Kräften nicht auf den Stofs oder auf allgemeine mechanische Prinzipien zurück, sondern auf das Eingreifen von Maschinenteilen nach Gesetzen des Gleichgewichts. Aus diesem Mangel einer weiteren Ausbildung einer eigentlichen Dynamik ergibt sich die erfolglose Richtung, welche seine Theorie einschlug. Denn infolgedessen mufste er seine Korpuskeln als Maschinen konstruieren, deren Teile so gebaut waren, dafs sie die gewünschten Richtungsänderungen ergaben. Daher richtete sich sein Augenmerk auf die Konstruktion passender Molekulargestalten, Vorsprünge und Windungen, die ineinander wie Hebel und Schrauben eingreifen, und die federnden Kräfte,

---

[1] *De vi perc.* p. 1, 2.

[2] *De vi perc.* p. 2. — Hic patet quod motus velox revera major est motu tardo non extensiva quantitate, sed intensivo robore et energia, ut ita loquar.

welche in derartigen Mechanismen ausgelöst werden konnten. Je komplizierter aber die Korpuskeln wurden, um so schwieriger ward es, mathematische Betrachtungen auf dieselben anzuwenden. Es gelang ihm daher in der Kapillaritätstheorie auch nicht, von seinen experimentellen Entdeckungen genügende theoretische Rechenschaft abzulegen. Indessen wäre dies noch kein Anlaſs, seine Theorie ohne weiteres abzulehnen; sie hätte in den Grundzügen immerhin berechtigt sein können. Vielleicht wären andre Annahmen über die Konstruktion der Korpuskeln und eine scharfsinnigere Anwendung der Mathematik imstande gewesen, die von der Erfahrung geforderten Sätze abzuleiten. Die Technik der mathematischen Physik schreitet nur langsam fort, und daſs es einer Theorie der Materie nicht gelingt, die bekannten Erscheinungen sogleich alle abzuleiten, ist noch kein Grund zu ihrer Verwerfung, denn er würde für alle uns bekannten Theorien zu bestimmten Zeiten gelten. Sehr häufig ist eine derartige Ableitung erst in viel späterer Zeit gelungen. Aus dem Mangel an Erfolg scheint uns daher die BORELLIsche Theorie der Korpuskularmaschinen noch nicht ohne weiteres abzuweisen. Man kann BORELLIS Korpuskulartheorie als die Probe der Physik auf gassendische Prinzipien ansehen, und man muſs zugeben, daſs sie nicht gelungen war. Aber das mochte immerhin an äuſseren Umständen liegen und würde über ihren absoluten Wert noch nicht entscheiden, wenn sich nicht eine innere Lücke zeigte, die BORELLI nicht ausfüllen konnte. Wenn die Korpuskeln aus Atomen bestehen, so muſs man fragen, wodurch die Verbindung dieser Atome untereinander gewährleistet ist, so daſs dieselben durch Druck gegeneinander verschoben und durch die Ätheragitation in ihre Lage zurückgebracht werden können. Da nicht anzunehmen ist, daſs jene künstliche maschinelle Verbindung selbst wieder durch den Stoſs des Äthers zusammengehalten wird, so müſste man sich die Atome etwa wie die Glieder einer Kette oder eines Panzers ineinander verschränkt denken, so daſs die biegsamen Korpuskeln herauskommen. Ihre elastische Spannung könnte dann durch den Äther bewirkt werden. Unter diesem Gesichtspunkte aber erscheinen alle Annahmen über die Atomgestalten und Poren untergeordnet, es kommt alles auf die Bewegung des Äthers an, und

es gehörte daher zur Vollständigkeit der Theorie nach ihrer prinzipiellen Seite, dafs die Bewegung und Wirkung der Ätheratome auf die Körperatome und aufeinander untersucht und festgestellt wurde. Es tritt also dann die Forderung ein, diese Wechselwirkung zu begründen. Soll diese aber wieder auf die Stofsgesetze zurückgeführt werden, so ergeben sich alle die Schwierigkeiten wie bei GASSENDI. Die Übertragung der Bewegung wird unbestimmt. Nur die Aufnahme von Festsetzungen über die Abänderung der Bewegung, welche stattfindet, sobald zwei Atome in Raumkonkurrenz treten, unter die Axiome der Atomistik, d. h. die Verbindung des Grundsatzes der Wechselwirkung mit demjenigen der Substanz durch das Denkmittel der Variabilität, welches das Gesetz der Veränderung fundamentiert, bietet den Ausweg aus dem Dilemma der Theorie der Materie. Die kinetische Theorie findet so lange ihre Schranke, als sie nicht auf Prinzipien der Mechanik gegründet werden kann.

Fünfter Abschnitt.

Die Vibrationstheorien.

BORELLI hatte die äufserste Konsequenz der gassendischen Atomistik gezogen und Gestalt, Gröfse und Impetus der Korpuskeln so zu bestimmen gesucht, dafs die Erscheinungen salviert werden. Im letzten Grunde blieb dabei immer die Veränderung der Substanzverteilung im Raume das einzige Erklärungsmittel. Sollte die von GALILEI entdeckte Realität der Bewegung in fruchtbare Verbindung mit der Atomistik treten und als die intensive Gröfse der kinetischen Energie die quantitativ bestimmbare Grundlage der modernen Physik werden, so mufste der Zusammenhang zwischen Substanzverteilung und Energieverteilung erkannt werden. Hierzu war es nötig, zu untersuchen, inwieweit Bewegung imstande sei, das zu leisten, was man bisher zur Objektivierung der Erscheinungen lediglich der körperlichen Substanz zugemutet hatte. Inwieweit

kann die „Solidität", welche die Materie individualisieren und im Raume identifizieren soll, durch Bewegung ersetzt werden? DESCARTES hatte sich in dieser Hinsicht allerdings versucht, war aber nicht zum Ziele gekommen. Wenn jedoch die Bewegung selbst nicht eine translatorische war, wie bei DESCARTES, sondern eine sich selbst abschliefsende und gewissermafsen individualisierende wurde, die als solche von der Bewegung jedes andren materiellen Teilchens unterscheidbar blieb, so schien ein neuer Weg geöffnet, die Schwierigkeiten des Körperproblems zu überwinden. Diesen Versuch macht eine Vorstellungsweise von der Materie, welche sich am besten als Vibrationstheorie bezeichnen läfst. HOBBES hat in seiner *reciprocatio* die Anwendung einer solchen zur Erklärung der Härte angedeutet (s. II S. 233); das Verdienst, nach dieser Seite hin die Frage nach dem Wesen des Körpers eingehender behandelt zu haben, dürfte HOOKE zukommen.

ROBERT HOOKE (1635—1703) ist eine der eigentümlichsten Erscheinungen unter den hervorragenden Forschern seiner Zeit. An allen wichtigeren Fragen der Astronomie, Mechanik und Physik beteiligt und als Sekretär der Royal Society im Mittelpunkt des wissenschaftlichen Verkehrs stehend, macht er mit rastloser Arbeitskraft eine grofse Anzahl wertvoller Erfindungen und Entdeckungen und nimmt aufserdem die Priorität für eine nicht geringe Zahl andrer in Anspruch. Er mag dabei in gutem Glauben gehandelt haben. Denn er war in der That ein so erfindungsreicher und anschlägiger Kopf, dafs er sich über die verschiedensten Gegenstände frühzeitig selbständige Ansichten bildete, die jedoch nur hingeworfene Gedanken blieben, und erst, wenn sie von einem andren ebenfalls ergriffen und mit Glück behandelt wurden, ihm als sein geistiges Eigentum erschienen.

In der Geschichte der Korpuskulartheorie vertritt HOOKE einen durchaus originellen Gedanken, der von weittragendster Bedeutung gewesen wäre, wenn HOOKE selbst über eine Skizzierung desselben zu ausführlicher Theorie hinausgegangen wäre, oder wenn seine Ideen durch HUYGENS' Prinzipien der Mechanik das mathematische Bürgerrecht in der Wissenschaft empfangen hätten. Die durch NEWTONS Entdeckungen bedingte Abwendung von den kinetischen Theorien liefs mit so vielem

nichtigen Hypothesenkram auch Hookes wertvollere und berechtigtere Annahmen vorläufig verschwinden. Die Lehre, um derenwillen wir Hooke hier zwischen Borelli und Huygens zu nennen haben, ist seine Vibrationstheorie der Materie.

Der Grundgedanke der Hookeschen Theorie ist der, daſs die Erfüllung des Raumes nicht bloſs von der Gröſse der Korpuskeln, sondern wesentlich auch von der Art ihrer schwingenden Bewegung abhängt, und daſs auf der Übereinstimmung oder Nichtübereinstimmung dieser Schwingungen sämtliche Eigenschaften der Körper beruhen. Er nennt diese elementare Eigenschaft der Materie *Congruity and Incongruity of bodies.*

Nach seiner eigenen Angabe[1] hat Hooke seine Theorie schon im Jahre 1660 besessen, aber in einer Abhandlung über die Erklärung der Bewegungen des Wassers in engen Poren auf die Prinzipien derselben nur hingedeutet *(An Attempt for the explication of the Phenomena* etc. p. 31 und in der lateinischen Ausgabe in der Übersetzung von Behem, Amsterdam 1662 p. 38). Eine weitere Ausdehnung hat er seiner Theorie in der *Mikrographie*[2] gegeben, wo er die verschiedensten Erscheinungen darauf zurückführt[3] und auch auf die Annahme derartiger Schwingungen im Äther eine Undulationstheorie des Lichtes gründet.[4] Am klarsten stellt er jedoch seine Theorien in den *Vorlesungen über Elasticität* dar (1678), wonach wir hier berichten.[5]

Das sinnlich wahrnehmbare Universum besteht aus Körper und Bewegung. Körper bedeutet nichts andres, als das Substrat der Bewegung, etwas, das geeignet ist, Bewegung aufzunehmen oder fortzuführen. Weder Ausdehnung noch Quantität, weder Härte noch Weichheit, weder Flüssigkeit noch Festigkeit, Verdichtung oder Verdünnung sind Eigenschaften des Körpers, sondern sie gehören vielmehr der Bewegung oder dem Bewegten an. Unter Bewegung versteht Hooke nichts als eine Kraft oder progressive Tendenz des Körpers nach Maſsgabe der

---

[1] *Lectures De Potentia restitutiva or of Spring explaining the Power of Springing Bodies.* London 1678. p. 6.

[2] *Micrographia or some physiological descriptions of minute bodies* etc. London 1667. (Druckordre vom 23. Nov. 1664).

[3] *Microgr.* p. 11 ff. — [4] *Microgr.* p. 57 f.

[5] *Lectures de Potentia restit.* p. 7 ff.

verschiedenen Grade der Geschwindigkeit. Körper und Bewegung halten sich stets das Gegengewicht in allen Wirkungen, Erscheinungen und Operationen der Natur, und darum ist es nicht unmöglich, daſs sie einunddasselbe sind; denn ein kleiner Körper mit grosser Bewegung ist einem groſsen Körper mit wenig Bewegung äquivalent hinsichtlich seiner sinnlich wahrnehmbaren Wirkungen in der Natur.

Körper und Bewegung sollen vorläufig als verschiedene Essenzen angenommen werden, obgleich sie vielleicht später nur als verschiedene Auffassungen einer und derselben Essenz erkannt werden können. Aus ihnen sind alle Dinge im Universum, die Gegenstände unsrer Sinne werden, zusammengesetzt, so daſs es in der Materie kein sinnlich wahrnehmbares Teilchen gibt, das nicht den gröſsten Teil seiner wahrnehmbaren Ausdehnung der Bewegung verdankt, während nach der gewöhnlichen Anschauung die Ausdehnung allein auf der Eigenschaft des Körpers beruht, eine begrenzte Quantität Raum oder Ausdehnung so auszufüllen, daſs aus demselben Raume alle andern Körper notwendig ausgeschlossen werden.

Demnach definiert HOOKE einen sinnlich wahrnehmbaren Körper als einen begrenzten Raum, der vor der Durchdringung durch einen andren mittels einer Kraft von innen geschützt wird.[1] Unter dieser Kraft von innen versteht jedoch HOOKE keineswegs eine substanzialisierte dynamische Kraft im Sinne einer Abstoſsung, sondern er faſst die Raumerfüllung durchaus kinetisch; der Raum wird behauptet durch die aktuelle Vibrationsbewegung des darin befindlichen Körpers. Dies wird ersichtlich aus dem von ihm gegebenen Beispiel. Er denkt sich eine sehr dünne Eisenplatte von der Gröſse eines Quadratfuſses in vibrierender Bewegung vor- und rückwärts senkrecht auf ihrer Ebene so rasch hin und her schwingend, daſs es keinem Körper möglich ist, in den Raum einzudringen, in welchem sie hin und her vibriert; alsdann wird diese Platte, wenn ihre Schwingungsweite einen Fuſs beträgt, die Wirkung hervorbringen, daſs sie einen Kubikfuſs sinnlich wahrnehmbaren Körpers ausfüllt.

---

[1] A. a. O. p. 8. I do therefore define a sensible Body to be a determinate Space or Extension defended from being penetrated by another, by a power from within.

In diesem Sinne nimmt HOOKE an, dafs die räumliche Ausdehnung der sinnlichen Körper von der vibrierenden Bewegung ihrer Teile abhängt, welche, vermöge dieser Bewegung, einen viel gröfseren Teil des Raumes vor dem Eindringen andrer Körper schützen und also sinnlich erfüllen, als sie unbewegt einnehmen würden. Die Vibrationsbewegung ist den Körperpartikeln nicht inhärent oder von ihnen untrennbar, sondern sie wird ihnen durch Anstöfse mitgeteilt, die von andern Körpern im Universum ausgehen. Inhärent ist den Partikeln nur ihre Gröfse oder Masse (bulk), die sie dafür empfänglich macht, dafs ihnen gerade diese eine und keine andre Bewegung mitgeteilt wird, d. h. jede materielle Partikel ist nur für gewisse eigentümliche Bewegungen empfänglich, so dafs Gröfse (magnitude) und Bewegungsempfänglichkeit (receptivity of motion) dasselbe zu sein scheinen. Zur Erläuterung denke man sich eine Reihe von Saiten *A, B, C, D* etc. jede auf einen bestimmten Ton gestimmt, und eine zweite Reihe *a, b, c, d* etc. auf dieselben Töne abgestimmt, so wird *A* empfänglich sein für die Bewegung von *a*, aber nicht für die von *b, c, d* u. s. w., und dem entsprechend die übrigen. Dies also ist das, was HOOKE Kongruität und Inkongruität nennt.

So wie wir finden, dafs die Saiten von Musikinstrumenten durch Gleichklänge und durch Oktaven, oder auch durch andre harmonische Accorde in Bewegung gesetzt werden können, wenn auch nicht in demselben Grade, so nimmt HOOKE an, dafs auch die Partikeln der Materie hauptsächlich durch solche Bewegungen erregt werden, welche wie Gleichklänge sind — um sie so zu nennen — oder durch solche, welchen gleiche Schnelligkeit ihrer Bewegungen oder andre harmonische Bewegungen in einem geringern Grade zukommen.

Zur Vermittelung und zur Quelle dieser schwingenden Bewegungen dient der Äther. HOOKE nimmt eine äufserst feine Materie an, welche alle andern Körper umgibt und durchdringt und das Mittel darstellt, in welchem sie schwimmen; sie erhält alle Körper dauernd in ihrer Bewegung und ist das Medium zur Vermittelung aller homogenen und harmonischen Bewegungen von Körper zu Körper. Alle solchen materiellen Partikeln, welche von gleicher Natur sind, bleiben, falls sie nicht durch andre von verschiedener Natur getrennt sind, zusammen und verstärken

ihre gemeinsame Bewegung im Gegensatz zu den abweichenden Bewegungen der umgebenden Körper. Dementsprechend befindet sich das gesamte Universum und alle Partikeln in demselben im Zustande fortwährender Bewegung, und jedes von ihnen behauptet seinen Anteil an Raum gemäſs seiner Körpermasse oder der eigentümlichen Kraft, mit welcher es seine besondere Bewegung fortsetzt.

Wenn sich zwei oder mehrere solcher Partikeln unmittelbar miteinander verbinden und zu einer einzigen zusammenwachsen, erhalten sie eine andere Natur und werden für einen andren Grad der Bewegung und Vibration empfänglich; sie bilden alsdann eine zusammengesetzte Partikel, welche von der Natur jeder anderen Partikel abweicht.

Alle Massen und sinnlich wahrnehmbaren Körper sind aus derartigen Partikeln zusammengesetzt, welche ihre besonderen und angemessenen Bewegungen haben, die durch die andersartigen oder dissonierenden Vibrationen des umgebenden Körpers oder Fluidums zusammengehalten werden. Entsprechend der Verschiedenheit der Vibrationsbewegungen der umgebenden Masse besitzen alle Körper mehr oder weniger die Fähigkeit, in ihren besonderen Gestalten zu verharren.

In der Nähe der Erde sind alle Körper von einer flüssigen, sehr feinen Materie umgeben, welche durch die verschiedene Schnelligkeit ihrer Teile alle festen Körper in den ihnen eigentümlichen Gestalten erhält, die sie hatten, als sie sich zuletzt im flüssigen Zustande befanden. Und alle flüssigen Körper jeder Art sind mit diesem Fluidum vermischt, welches erst dann von ihnen ausgestoſsen wird, wenn sie fest werden. Flüssige Massen unterscheiden sich von den festen dadurch, daſs alle Flüssigkeiten aus zwei Arten von Partikeln bestehen. Die einen bilden das gemeinsame Mittel in der Nähe der Erde und sind zwischen die vibrierenden Partikeln gemischt, welche zu dieser Masse gehören und daher an ihren Bewegungen und Vibrationen teilnehmen; die andern schlieſsen vollständig diese Bewegung aus und nehmen daher nicht an derselben teil.

Obgleich die Partikeln der festen Körper durch ihre vibrierenden Bewegungen dieses Fluidum verhindern, zwischen sie zu gelangen, wo ihre Bewegungen sich unmittelbar berühren, so gibt es doch zwischen ihnen gewisse Räume, welche nicht durch

die Bewegungen der Partikeln geschützt sind und somit durch das heterogene flüssige Mittel durchsetzt werden. Diese von den Körpern und der Vibrationsbewegung ihrer Teilchen nicht geschützten und demnach von dem subtilen umgebenden, heterogenen Fluidum durchdrungenen Räume sind das, was wir die sinnlich unmerklichen Poren der Körper nennen.

Mit der Größe der Körper stehen ihre Bewegungen in umgekehrtem Verhältnisse; je grösser oder stärker der Körper ist, desto langsamer ist seine Bewegung, mit welcher er die Partikeln zusammendrückt; und je kleiner der Körper ist, um so schneller ist seine Bewegung. Je kleiner die Partikeln der Körper sind, um so mehr nähern sie sich dem Wesen des allgemeinen Fluidums, und um so leichter werden sie sich vermischen und an seiner Bewegung teilnehmen.[1]

Dies sind die allgemeinen Grundzüge der Theorie der Materie, mit deren Hilfe HOOKE die allgemeinen Eigenschaften der Körper und eine Reihe besonderer Erscheinungen erklärt. Je nachdem die Schwingungen der Teilchen miteinander übereinstimmen oder sich gegenseitig stören, ändern sich die Zustände der Körper. In den festen Körpern berühren sich die Teilchen unmittelbar und schwingen übereinstimmend. Immer sind es die äußeren Schwingungen, welche durch ihren Druck die Körper in ihrem Zustande halten; ohne denselben würden die festen Körper flüssig, die flüssigen gasförmig werden.

Die Luft ist gewissermaßen eine Lösung der Wasser- und Erdteilchen in der Agitation des Äthers.[2] Ihre Teilchen sind so klein, daß sie fast gleich den Partikeln des heterogenen flüssigen Mediums sind, welches die Erde umgibt. Wegen der Kleinheit dieser Teilchen sind ihre Vibrationsräume sehr groß, um sie mit den übrigen irdischen Körpern ins Gleichgewicht zu bringen, und demnach ist die Geschwindigkeit der Teilchen in diesen Schwingungen sehr bedeutend. HOOKE nimmt an, daß die Schwingungsweite der Luftteilchen im gewöhnlichen Zustande unmittelbar an der Erdoberfläche 8000 mal so groß ist als die der Stahlteilchen, und mehr als 1000 mal so groß als die der Wasserteilchen.[3] Wenn nun eine gewisse Luftmenge in

---

[1] A. a. O. p. 7—11. — [2] *Micrographia*. p. 13.
[3] *Lectures de Potentia restit.* p. 16.

einem festen Körper eingeschlossen und dieser so eingerichtet ist, daſs man die Luft in einen kleineren Raum zusammenpressen kann, so bleibt die Bewegung, unter der Voraussetzung daſs die Wärme sich nicht ändert, beständig dieselbe. Infolgedessen müssen die Vibrationen und Zusammenstöſse in umgekehrtem Verhältnisse zunehmen, d. h. in der auf die Hälfte des Raumes komprimierten Luft wird die Anzahl der Vibrationen und Zusammenstöſse die doppelte, u. s. f. — Ist dagegen das Gefäſs so eingerichtet, daſs die Luft sich ausdehnen kann, so wird die Länge der Vibrationen in gleichem Verhältnisse vergröſsert und die Zahl der Vibrationen und Zusammenstöſse in umgekehrtem Verhältnisse vermindert, also bei doppeltem Volumen die Vibrationsweite doppelt und die Schwingungszahl halb so groſs. Die Folge davon ist, daſs auch die Spannung nach auſsen nur halb so groſs wird. In ähnlicher Weise läſst sich auch, wie HOOKE bemerkt,[1] *mutatis mutandis* die Elasticität jedes andern Körpers erklären.

Bei diesen Ansichten HOOKEs über die Vibration der Teilchen als einer allgemeinen Eigenschaft aller Materie ist es naturgemäſs, daſs er auch die Wärme als Bewegung der Körperteilchen und das Licht als eine Schwingung der Ätherteilchen ansah, wobei er sogar gelegentlich (1672) aussprach, daſs die Richtung der Schwingungen auf der Fortpflanzungsrichtung des Strahls senkrecht stehe.[2]

Die HOOKEschen Vibrationstheorie beansprucht eine Stelle unter den selbständigen und originalen Gedanken, welche zur Vollendung der Korpuskulartheorie gehören. Sie ist zunächst der Ausdruck eines rein kinetischen Begriffs der Materie. Es gibt nur Körper und Bewegung, und beide können sich gegenseitig in gewisser Hinsicht ersetzen. Soweit sich diese Ergänzung nur auf die mechanische Wirkung bezieht, haben wir darin den cartesischen Gedanken der Bewegungsgröſse. Aber der Sinn dieses gegenseitigen Ersatzes wird bei HOOKE ein ganz andrer; nicht nur die mechanische Wirkung, auch die Raumerfüllung wird von der Bewegung abhängig gemacht. Der Körper erfüllt den Raum nicht durch seine bloſse Existenz als

---

[1] A. a. O. Vgl. auch TAIT, *D. Eigensch. d. Mat.* S. 276—278.
[2] POGGENDORFF, *Gesch. d. Phys.* S. 587.

ausgedehnte Substanz, sondern wesentlich insofern er bewegt ist. Die körperliche Masse dient nur als das Substrat der Bewegung, als das unbekannte Etwas, welches die Bewegung übermittelt und trägt. Für die sinnliche Wahrnehmung ist es gar nicht zu unterscheiden, was in der Empfindung der Körpersubstanz und was der Bewegung zukommt; alle Eigenschaften hängen an der Bewegung. Und so erhebt sich HOOKE bis zu der Bemerkung, daſs Körper und Bewegung vielleicht nur verschiedene Auffassungen einer und derselben Essenz sind. Dies ist der bahnbrechende Schritt zur reinen Kinetik, zur Überführung der Materie in kinetische Energie. HOOKE aber vermeidet den Fehler, die substanziellen Teile völlig unbestimmt zu lassen. Das Unveränderliche an jedem materiellen Teilchen ist seine Bewegungsempfänglichkeit, welche an seiner Gröſse, und, wie man wohl annehmen darf, an seiner Gestalt haftet. Hier ist ein substanzielles Fundament gegeben, eine feste Bestimmung zur Individualisierung der Materie, und doch zugleich ein Mittel, die Veränderlichkeit der Bewegung nach bestimmten Gesetzen zu ermöglichen. HOOKE befreit dadurch die Materie von dem bis dahin unüberwindlichen Dilemma, entweder starre Atome anzunehmen, für welche es an der Variabilität der Ausdehnung und Bewegungsübertragung fehlt, oder zur Fluiditätstheorie überzugehen, welche die Identität der materiellen Einheiten aufhebt.

Die Teilchen sind durch ihre Individualität zu bestimmten Bewegungen disponiert, während sie für andre unzugänglich sind. Das scheint die Vermittelung eines gesetzlichen Austausches der Bewegung erklären zu können. Und sie erfüllen den Raum nicht durch ihre Ausdehnung, sondern durch die gröſsere oder geringere Weite ihrer Schwingungen. Das ermöglicht für ein und dasselbe Teilchen eine Veränderlichkeit der Raumerfüllung. Damit ist mit einem Schlage die schwierige Frage nach der Verdichtung und Verdünnung der Materie gelöst. Man kann die Partikeln als einen verschieden groſsen Raum ausfüllend betrachten, ohne die unmögliche Vorstellung eines Wechsels der substanziellen Ausdehnung vollziehen zu müssen. Zugleich besitzen diese Vibrationsatome eine elastische Kraft, eine innere Energie, mit welcher sie nicht nur ihren Raum behaupten und verteidigen, sondern auch soviel Raum

zu erobern suchen, als ihnen die Gegenwirkung der Umgebung gestattet. Dies ermöglicht HOOKE für die Spannung der Luft eine Theorie aufzustellen, welche im Resultate der modernen kinetischen Gastheorie scheinbar sehr nahe kommt, indem sie den Druck von der Häufigkeit der Stöfse abhängig macht. Indessen darf man bei diesem Vergleich nicht vergessen, dafs es sich bei HOOKE um selbständige, durch die Natur der Korpuskeln bestimmte Schwingungen handelt, dafs also seine veränderliche Schwingungsweite der Luftteilchen etwas ganz andres ist als die moderne mittlere Weglänge. Die Schwingungsweite ist allerdings vom vorhandenen Raume, d. h. vom äufsern Druck, abhängig, aber sie ist dieselbe für jedes Luftteilchen; während die Weglänge und die Zahl der Stöfse in der modernen Theorie nicht am einzelnen Teilchen haften, sondern für jedes Teilchen fortwährend wechseln, und die mittlere Weglänge nur eine mathematische Fiktion aus dem Gesamtverhalten des Gases bezeichnet. Insofern darf man die HOOKEsche Theorie nicht mit den kinetischen Theorien der Gase zusammenstellen.

Es ist nun der grofse Vorteil der HOOKEschen Theorie, dafs sie die Korpuskulartheorie von den Hypothesen über die Gestalt der Korpuskeln befreit und an Stelle derselben schwingende Bewegungen setzt, welche die Möglichkeit einer mathematischen Darstellbarkeit nicht ganz aussichtslos erscheinen lassen. Hier wäre der Weg gewesen, die Korpuskulartheorie fruchtbringend weiter zu führen, wie es denn auch HUYGENS wenigstens nach einer Seite hin versuchte.

Die grofse Verwandtschaft der Vibrationstheorie mit modernen Vorstellungen liegt auf der Hand. Das Gesetz von der Beziehung zwischen Absorption und Emission des Lichtes und der strahlenden Wärme hängt ja eng mit der Vorstellung von der Übereinstimmung der Schwingungsweise der Äther- und Körpermolekeln zusammen und wird auch am einfachsten durch den Vergleich mit den Schwingungen konsonierender Körper verdeutlicht, wie ihn bereits HOOKE angewendet hat. Der Erreger und Regulator aller der unablässigen Schwingungen, welche die Körperwelt darstellen, ist der Äther, und die Schwingungen dieses Äthers tragen unter dem Namen des Lichtes und der Wärme die Energie von Weltkörper zu Weltkörper. Somit bietet sich eine reiche Gelegenheit, in der späteren Entwickelung der Physik

Hookesche Gedanken wiederzufinden. Er hat in der That eine Vorstellung anticipiert, auf welche die Molekularphysik zurückkommen mufste. Aber er hat sie eben nur anticipiert und war nicht in der Lage, weitere Folgen daraus zu ziehen und mehr als eine sinnliche Veranschaulichung gewisser Erscheinungen zu geben. Hätte es auch nicht in Hookes Art zu arbeiten gelegen, Fragen mehr anzuregen und Gedanken hinzuwerfen, als sie systematisch durchzuführen, er wäre doch mit seiner Theorie über den Wert eines geistreichen und anregenden Aperçus nicht hinausgelangt, das die ihm innewohnende wissenschaftliche Bedeutung erst in viel späterer Zeit erreichen konnte. Dazu fehlten zunächst, was selbst Huygens hinderte, die analytischen Mittel des Calcüls. Es fehlte aber auch dasjenige, was erst Huygens zu begründen vermochte, nämlich die Prinzipien der Mechanik, welche allein der Vibrationstheorie das begriffliche Fundament thatsächlich geben konnten, das sie bei Hooke nur scheinbar besafs.

Gewifs war es ein wesentlicher Fortschritt, in der Energie der schwingenden Bewegung zugleich die Raumerfüllung und die Übertragung der Bewegung, die Ordnung und Gesetzlichkeit, die gegenseitige Einschränkung der Vibrationen und Bewegungen zu begründen. Wie jedoch war diese Mitteilung der Bewegung möglich? Bei Hooke wird sie als vorhanden vorausgesetzt, und bei dieser Veranschaulichung bleibt es. Aber nach welchem Gesetz findet die Übertragung statt? Nach welchem Mafse mifst sich die Energie der Schwingung und die Gröfse der Kraft, mit welcher sie die Nachbarschwingung einengt oder sich mit ihr zusammensetzt? Und wenn wir die Gesamtenergie des Weltalls in der Agitation des Äthers denken, so bleibt immer die Frage, worauf gründet sich die Erhaltung und Mitteilung der Bewegung seiner Teilchen? Schliefslich ist es doch der Zusammenstofs der körperlichen Partikeln, welcher ihre Schwingungen begrenzt. Undurchdringliche körperliche Teilchen bleiben übrig, die sich gegenseitig treffen und dadurch die Vibrationen fortpflanzen; denn die Umkehr der Bewegung und das Zurückschwingen ist nicht anders als durch den Stofs zu erklären. In diesem letzten Betracht sind wir also wieder bei derselben unauflöslichen Frage angekommen, an welcher Gassendi wie Borelli stehen blieben. Wären die Schwingungen den

Teilchen inhärent als eine eigentümliche Daseinsäufserung, so wäre das die Annahme eines unerklärlichen Vorgangs, eine innere, lebendige Agitation der Materie; aber das sollen sie bei HOOKE auch gar nicht sein, sie werden von aufsen übertragen. Und hier mufs ein Gesetz der Wechselwirkung eintreten, ohne welches jede kinetische Atomistik sich in ein unbestimmtes Spiel zusammenhangsloser Teile auflöst. Daher dürfen wir auch die Vibrationstheorie HOOKEs nur als ein verlockendes Luftschlofs auffassen, das wohl dazu beitragen mag, die Anstrengungen zur Besitznahme zu befördern, das aber den festen Unterbau auf wissenschaftlichem Boden erst in der Zukunft empfangen konnte.

Die Vibrationstheorie HOOKEs steht in engem Zusammenhange mit der Undulationstheorie des Lichtes. Der erste, welcher eine solche aufstellte, ist bekanntlich der Jesuit FRANCESCO MARIA GRIMALDI [1] (1618—1663), der durch die Entdeckung der Diffraktion und Interferenz um die Optik hohe Verdienste besitzt. Beide Erscheinungen sind wesentliche Stützen der Undulationshypothese und sind auch für GRIMALDI ohne Zweifel die Veranlassung für seine undulatorische Auffassung der Lichtbewegung gewesen.[2] Er vergleicht das Licht und seine Bewegung durchaus mit einer Flüssigkeit und ihren Eigenschaften,[3] jedoch denkt er sich die Teilchen des Lichtfluidums selbst fortfliefsend, dabei aber oscillatorisch bewegt, so dafs sie Spirallinien beschreiben und bald schneller, bald langsamer fortrücken.[4] Er hatte dabei entschieden korpuskulare Vorstellungen und spricht oft von Poren und kleinen Partikeln, auch hielt er das Licht für eine Substanz.[5] Porosität und substanzielle Effluvien

---

[1] *Physico mathesis de lumine, coloribus et iride, aliisque adnexis libri duo.* In quorum Primo asseruntur Nova Experimenta, et Rationes ab iis deductae pro Substantialitate Luminis. In Secundo autem dissolvuntur Argumenta in Primo adducta, et probabiliter sustineri posse docetur Sententia Peripatetica de Accidentalitate Luminis .... Autore P. FRANCISCO MARIA GRIMALDO S. J. Opus Posthumum. Bononiae 1665. — Vgl. auch GOETHE, *Mat. z. Gesch. d. Farb.* S. 545 f.

[2] *De lum.* I pr. 24 p. 196 u. a. Die Hauptstellen für die Undulationstheorie finden sich I pr. 2 num. 15 p. 17 ff., pr. 24 num. 5 p. 197, pr. 43 p. 341 ff.

[3] A. a. O. I pr. 2 p. 12 ff.

[4] A. a. O. Pr. 43 num. 3 ff. p. 342. — [5] A. a. O. p. 173.

hält er für notwendige Annahmen,[1] aber alle diese Ansichten scheinen ihm aus Rücksichten auf die aristotelische Lehre bedenklich, und er sucht daher — äufserst bezeichnend — im zweiten Buche seines Werkes nachzuweisen, dafs alles, was er im ersten höchst überzeugend vorgetragen hat, doch sehr zweifelhaft sei, und ganz besonders verwahrt er sich dagegen, als Anhänger der Atomistik betrachtet zu werden.[2] Seine wissenschaftliche Überzeugung ist jedenfalls im ersten Buche zu finden. Die Brechung erklärt er dadurch, dafs die Materie des Lichtstrahls, den er als ein sehr dünnes Prisma denkt, sich in den engeren Poren des dichteren Mediums zum Fortkommen seitlich mehr ausbreiten müsse; infolgedessen füllt dieselbe Lichtmenge einen dickeren Strahl aus, und da die Grundflächen der Prismen, welche an der Grenze der Mittel zusammenliegen, gleich sein müssen, so kann die gröfsere Dicke nur dadurch erzielt werden, dafs der gebrochene Strahl sich dem Einfallslote mehr zuneigt.[3]

Die Undulationstheorie des Lichtes wird aufgenommen von dem Ordensbruder GRIMALDIS, IGNACE GASTON PARDIES (1636 bis 1673), welcher in seinem Briefwechsel mit NEWTON die Dispersion des Lichtes als eine Diffraktion mit Hilfe der Annahme zu erklären suchte, dafs die Fortpflanzung des Lichtes auf einer Wellenbewegung beruhe,[4] später jedoch, von NEWTON belehrt, seinen Irrtum zurückzog (9. Juli 1672).[5] Er bezieht sich auf die Wellenhypothesen von GRIMALDI und HOOKE und meint, dafs sie der seinigen ähnlich seien, welche er im *6. Discours* seiner Mechanik aufstelle. Er wollte ein grofses Werk über Mechanik (*un corps de Mécanique*) nach dem Vorgange von PAPPUS schreiben, von welchem jedoch nur der *1.* und *2. Discours* (*du mouvement local*[6] und *la statique ou la science des forces mouvantes*[7]) erschienen sind. Der *5. Discours* sollte über die Bewegung der Vibrationen, der *6.* über diejenige der Undulationen handeln und die Fortpflanzung des Lichtes sowie die Entstehung der Farben auf eine allgemeine Wellenlehre und die Wellenbewegung des Äthers gründen. PARDIES starb indessen schon 1673,

[1] A. a. O. p. 534. — [2] A. a. O. II pr. 6. p. 533 f.
[3] A. a. O. I p. 180. — [4] *Philos. Trans.* 1672. p. 5012.
[5] A. a. O. p. 5018. — [6] Zuerst Paris 1670. — [7] Zuerst Paris 1673.

in demselben Jahre, in welchem seine Statik erschien, deren Vorrede jenen Plan entwickelt.[1]

Ihren wirksamen Einfluſs auf die Entwickelung der theoretischen Physik und der Atomistik erhielt die Vibrationstheorie erst infolge ihrer Aufnahme durch Huygens zur Begründung der Optik.[2]

Sechster Abschnitt.

Huygens.

1. Die Theorie des Äthers.

A. Die Gravitation.

Christiaan Huygens (1629—1695) bezeichnet durch seine Arbeiten den Höhepunkt der Korpuskulartheorie, bevor sie durch Verschmelzung mit dynamischen Vorstellungen von der Materie den Charakter der reinen Kinetik verliert. Zwei geniale Anwendungen sind es, welche er von der Korpuskularphysik macht, die Theorie des Lichtes und die Theorie der Schwere. In beiden war Newton sein ausgesprochener Gegner, und beide Theorien wurden durch Newtons auſserordentliche Erfolge vorläufig verdrängt, zum Teil vergessen. Die Undulationstheorie des Lichtes ist indessen, in angemessener Weise modifiziert, zur allgemeinen Anerkennung gelangt und ein unbestrittenes Besitztum der Wissenschaft geworden; für die mechanische Theorie der Schwere steht dieser Erfolg noch aus.

Huygens ist ein Schüler Descartes', dessen Wirbeltheorie auf seine Ansichten von nachhaltigem Einflusse gewesen ist. Aber der Atombegriff, welchen er zu Grunde legt, ist derjenige Gassendis, das im leeren Raume frei bewegliche, durch seine Solidität als substanzielles Individuum gesicherte Atom.

---

[1] *Oeuvres de mathématiques* etc. 4. Ed. A la Haye 1710. *La Statique*, Préface p. 123—126.

[2] Über die Vibrationstheorie von Malebranche s. II S. 426.

Die Vorrede zu seiner Abhandlung über die Ursache d
Schwere[1] ist so charakteristisch für HUYGENS' Stellung z
Theorie der Materie, daſs wir sie unverkürzt hier wiedergebe

„Die Wege, welche die Natur beim Fall der sogenannten schweren Körp gegen die Erde verfolgt, sind so dunkel und verschlungen, daſs auch d angestrengteste Fleiſs ihren Sinn nicht zu entdecken vermag. Dieser Umsta hat die Philosophen gezwungen, die Ursache jener merkwürdigen Erscheinu allein in den Körpern selbst zu suchen und sie irgend einer ihnen innerli anhaftenden Eigenschaft zuzuschreiben, welche die Körper nach unten u gegen den Erdmittelpunkt antreibe, oder einer Art von Verlangen der Teil sich dem Ganzen zu vereinen. Das aber hieſs nicht Ursachen klarstelle sondern dunkle und von niemand verstandene Prinzipien aufstellen. Di mochte verzeihlich sein für solche, die für gewöhnlich mit derartigen Lösung zufrieden gestellt waren, nicht aber für DEMOKRIT und seine Schule, welch während sie sonst alles allein von den Atomen abzuleiten unternommen hatte lediglich die Schwere an die irdischen Körper und die Atome selbst knüpft und ihren möglichen Ursprung ununtersucht lieſsen. Dagegen haben viele v den heutigen Autoren und Begründern der Philosophie sich dahin ausgesproch daſs irgend etwas auſserhalb der Körper anzunehmen sei, woraus die an d Körpern bemerklichen Anziehungen und Abstoſsungen entspringen; aber in Ursachen sind sie auch nicht viel tiefer eingedrungen, als jene älteren Nat philosophen. Die einen nämlich nahmen ihre Zuflucht zu irgend einer fein und schweren Luftart, welche die Körper drücken und somit zum Herabfall zwingen solle; (das aber heiſst nichts anderes, als die Schwere schon vora setzen; auch widerspricht es den Gesetzen der Mechanik, daſs eine flüssige u schwere Materie die Körper, welche sie umgibt, nach unten treiben solle, sie dieselben im Gegenteil nach oben treiben müſste, vorausgesetzt daſs di an sich selbst kein eigenes Gewicht haben, gleichwie das Wasser eine le Flasche, die man darin untertaucht, emporhebt). Die andern kamen gar *Spiritus* zurück, oder auf immaterielle Emanationen; dies aber brac auch kein Licht in die Sache, sintemalen wir nicht begreifen können, wi irgend etwas Immaterielles eine körperliche Substanz zu bewegen imsta sein soll.

Besser als alle andern vor ihm hat DESCARTES eingesehen, daſs es der Physik überhaupt keine Erkenntnis gibt auſser durch Bezug auf sol Prinzipien, welche das menschliche Begriffsvermögen nicht übersteigen; u das sind diejenigen, welche abhängen einerseits von den Körpern, insofern m sie ohne jede Qualitäten betrachtet, andrerseits von den Bewegungen die Körper. Aber infolge der groſsen Schwierigkeit, welche darin lag, aus die Prinzipien allein die Fülle und Mannigfaltigkeit der Dinge abzuleiten und zuzeigen, ist ihm der Erfolg in den meisten Fragen, deren Prüfung er unt nahm, recht ungünstig gewesen, und ganz besonders — meines Eracht

[1] *Dissertatio de causa gravitatis. Opera reliqua* I p. 95, 96. Amstelodami 17

wenigstens — beim Problem der Gravitation. Dies wird sich aus den Bemerkungen ergeben, die ich zu seinen Schriften betreffenden Orts gemacht habe, wo ich übrigens auch auf noch mehr hätte aufmerksam machen können. Indessen muſs ich gestehen, daſs mir seine — freilich unglücklichen — Versuche den Weg zu meinen eigenen Entdeckungen erschlossen haben.

Die vorliegende Veröffentlichung betrachte ich jedoch durchaus nicht als allen Zweifels bar und allen Bedenken enthoben; dahin zu gelangen ist bei derartigen Untersuchungen viel zu schwer. Dennoch möchte ich glauben, daſs, wenn die grundlegende Hypothese, deren ich mich bediene, nicht richtig ist, nur wenig Hoffnung bleiben wird, eine richtige aufzufinden, so lange wir innerhalb der Grenzen einer wahren und gesunden Philosophie uns halten wollen.

Was ich hier vortrage, wird, soweit es sich allein auf die Ursache der Schwere bezieht, denjenigen Lesern nicht neu erscheinen, welche die Physik von ROHAULT kennen, weil daselbst fast meine ganze Theorie beschrieben wird. Dieser Philosoph hielt, wie er selbst frei gesteht, nachdem er mein Experiment über die Wirbelbewegung des Wassers gesehen und meine Anpassung desselben an die Gravitationstheorie vernommen hatte, meine Meinung für so wahrscheinlich, daſs er ihr zu folgen beschloſs. Da er jedoch meinen Ansichten cartesianische und eigene beimischt und vieles zur Sache Gehörige übergeht, wovon er auch einiges nicht wissen konnte, so habe ich mich meine eigene Behandlungsweise des Gegenstandes darzustellen entschlossen."

Da es die Theorien der Schwere und des Lichtes sind, welche für HUYGENS das Motiv bilden, der Theorie der Materie näher zu treten, so liegt sein Ausgangspunkt naturgemäſs in Feststellungen über die Konstitution der materiellen Träger jener Erscheinungen, d. h. in Hypothesen über die Beschaffenheit des Äthers. Es gibt in der Natur keine andern Körper als diejenigen, welche aus ein und derselben Materie bestehen, und es darf bei der Erklärung der Naturerscheinungen keine andre Annahme gemacht werden, als eben die Existenz dieser Körper, ihre verschiedenen Gröſsen, Gestalten und Bewegungen, aber nicht etwa irgend eine innere Neigung derselben zur gegenseitigen Annäherung. „Da die Schwere ein gewisses Streben oder Neigung zur Bewegung ist, muſs sie wahrscheinlich auch aus irgend einer Bewegung entspringen."[1] Man wird also die Gröſse und Gestalt der Körper und ihre Bewegungen so zu definieren haben, daſs daraus die Schwere, sowie alle übrigen physischen Phänomene hergeleitet werden können.

---

[1] *De grav.* p. 97.

Man ist nun gänzlich unbeschränkt in der Annahme beliebig kleiner Teile der Materie. Wenn uns auch die kaum sichtbaren Körper schon so fein wie möglich scheinen, so lehrt uns doch das Denken, daſs ein solch kleines Sandkörnchen sich zu einem andren immer noch verhalten kann, wie ein Berg zu ersterem, das zweite ebenso zu einem dritten, und so fort, soweit man will.[1] Eine groſse Reihe von Naturerscheinungen weisen darauf hin, daſs man eine aus sehr kleinen und äuſserst schnell bewegten Teilchen bestehende Materie anzunehmen hat. Auf der Wirkung dieser lebhaften Agitation dürfte die Flüssigkeit des Wassers,[2] die Wirkung des Pulvers, die Elasticität der Körper, auch die Muskelkraft der Tiere, resp. die Fermentation des Blutes, wovon jene abhängt, beruhen, überhaupt alle diejenigen Wirkungen, welche wir heut Auslösungserscheinungen nennen. Hier tritt überall eine Kraft hervor, von der man nicht weiſs, woher sie kommt, und da Kraft doch immer nur von auſsen aus der Bewegung der Materie herstammen kann, so muſs man einen derartigen äuſseren Motor annehmen.[3] Von allen diesen Materien dürfte nun aber jedenfalls diejenige die kleinsten Teile besitzen, welche die Schwere der Körper bewirkt; denn diese muſs alle Körper, auch die festesten, mit derselben Leichtigkeit wie die Luft durchdringen.[4]

Wir betrachten zunächst die HUYGENSsche Gravitationstheorie.

Abgesehen von jener Eigenschaft, welche man Schwere nennt, haben die Körper von Natur entweder eine geradlinige oder eine kreisförmige Bewegung. Die erstere kommt ihnen zu, sobald sie sich ohne jedes Hindernis bewegen, die zweite, sobald sie um irgend ein Zentrum herum zurückgehalten werden, oder um ihren eigenen Mittelpunkt rotieren. Wir kennen nunmehr einigermaſsen die Gesetze der geradlinigen Bewegung und ihrer gegenseitigen Mitteilung beim Zusammentreffen der Körper; aber solange wir nur diese Bewegungsart und die daraus resultierenden Reflexionen berücksichtigen, bemerken wir keinerlei Ursache eines Antriebes nach dem Zentrum hin. Es bleibt also nichts übrig, als zu untersuchen, wie die Eigenschaften

---

[1] *De grav.* p. 105. — [2] *De lumine. Op. reliqua* I p. 24.
[3] *De grav.* p. 109. — [4] *De grav.* p. 105.

der kreisförmigen Bewegung zur Erklärung der Schwere dienen können.[1] Hierbei ist folgender von HUYGENS angestellte Versuch wegweisend. Ein allseitig geschlossenes cylindrisches Glasgefäfs von 8 bis 10 Zoll Durchmesser und etwa halb so hoch, mit weifsem und glattem Boden, war mit Wasser gefüllt, in welchem sich kleine Siegellackstückchen befanden, die etwas schwerer als Wasser waren und daher zu Boden sanken. Auf die Rotationsmaschine gebracht, begaben sich die Siegellackteilchen ihrer gröfseren Centrifugalkraft wegen an den Rand. Sobald aber das Gefäfs angehalten und dadurch infolge der Reibung am Boden auch die Bewegung der Lackteilchen verzögert wurde, während das Wasser weiter rotierte, wurden dieselben nach der Mitte hingedrängt. „Dies liefs mich die Wirkung der Schwere sehen". Da die Teilchen der Bewegung des Wassers noch einigermafsen folgen konnten, gingen sie in Spiralen nach der Mitte. Ein Körper, der sich nur radial bewegen kann, z. B. eine Kugel zwischen gespannten Fäden, würde jedoch direkt nach dem Zentrum hin sich bewegen. Derselbe Effekt würde eintreten, wenn der Körper dasselbe spezifische Gewicht wie das Wasser hätte, „so dafs ohne jeden Unterschied der Schwere der Körper, welche sich im Gefäfse befinden, die Bewegung allein hier die Wirkung der Schwere hervorbringt."[2]

Ein Zusammenhang der Schwerkraft mit den bei der Rotation auftretenden Kräften wurde bereits von DESCARTES vermutet; jedoch sind seine Aufstellungen aus verschiedenen Gründen nicht haltbar. Es mufs befremden, dafs bei ihm die weniger dichten Körper nach der Mitte getrieben werden, woraus man schliefsen müfste, dafs gerade diejenigen Körper die schwereren seien, welche weniger Materie enthalten.[3] Ferner müfste eine so schnelle Rotation des Äthers um die Erde angenommen werden, dafs, bei der Einseitigkeit derselben, vermutlich die Körper an der Erdoberfläche mitgerissen würden, im besten Falle aber doch nur die Gravitation nach der

---

[1] *De grav.* p. 97, 98.

[2] *De grav.* p. 99, 100. Man sieht, dafs der HUYGENSsche Versuch ein ganz andrer ist als derjenige, welchen MACH ihm zuschreibt (*Mechanik* S. 149, 150) und FERD. AUG. MÜLLER reproduciert (*Kontinuität* S. 18).

[3] Vgl. die Theorie der Dichtigkeit bei DESCARTES, II S. 69 ff.

Axe und nicht nach dem Zentrum der Erde erklärt sein würde.[1]

„Um die Schwerkraft, wie ich sie auffasse, zu erklären, nehme ich an, dafs es in einem kugelförmigen Raume, welcher die Erde und die sie umfliefsenden Körper enthält, nach allen Seiten bis zu einem grofsen Abstande eine gewisse flüssige Materie gebe, welche aus den feinsten Teilchen besteht, und in mannigfaltiger und äufserst schneller Weise nach jeder Richtung sich umtreibt (in omnem partem agitetur). Da dieselbe jenen Raum, welchen andre Körper umgeben, nicht verlassen kann, so behaupte ich, dafs ihre Bewegung zum Teil kreisförmig um das Zentrum erfolgen mufs, aber nicht derart, dafs sie als ein ganzes in derselben Richtung rotiert, sondern nur so, dafs die Mehrzahl der mannigfaltigen Bewegungen derselben auf Kugelflächen stattfinden, welche ein und denselben Mittelpunkt mit jenem Raum besitzen, wodurch dieser eben zum Zentrum der Erde wird. Die Ursache der kreisförmigen Bewegung liegt aber darin, dafs sie in dem geschlossenen Raume leichter stattfindet, als wenn die Materie sich geradlinig in entgegengesetzten Richtungen bewegte, und aus der letzteren durch wechselseitige Reflexion schliefslich hervorgehen mufs.“[2]

Es scheint zwar, dafs diese kreisförmigen Bewegungen in demselben Raume bei ihrer grofsen Menge und Mannigfaltigkeit sich begegnen und hindern müfsten; indessen ist die Materie durch ihre grofse Beweglichkeit und die Kleinheit ihrer Teile, welche keine Einbildungskraft erreichen kann, imstande, die Verschiedenheit jener Agitationen leicht zu ertragen. Ihre Flüssigkeit ist bei weitem gröfser als diejenige des Wassers. Ihre Teilchen, die ja selbst keine Schwere besitzen, bewegen sich f r e i nach allen Seiten und empfangen sehr leicht verschiedene Antriebe von den verschiedenen gegenseitigen Begegnungen, sowie auch durch den Anstofs, selbst den leisesten, andrer Körper; ohne dies könnte z. B. die Luft nicht so leicht jeder Handbewegung ausweichen, wie es erfahrungsgemäfs geschieht. So vielfach und häufig daher auch die Unterbrechungen und Abänderungen der kreisförmigen Bewegungen jenes Fluidums

[1] *De grav.* p. 100, 101. — [2] *De grav.* p. 101, 102.

sein mögen, so wird doch bei weitem die Mehrzahl der Teile auf ihrem Wege beharren, statt abgelenkt zu werden; und das ist für unsren Zweck ausreichend.

Wenn sich daher unter den Teilchen jenes Fluidums dickere oder aus mehreren zusammengesetzte Teilchen befinden, welche der reifsenden Bewegung desselben nicht folgen, werden diese notwendig gegen das Zentrum gedrängt werden und daselbst die Erde bilden. Die Schwere aber besteht wahrscheinlich in nichts andrem als in dem Bestreben (Conatus) jener nach allen Richtungen um das Zentrum rotierenden Materie, von jenem Zentrum sich zu entfernen, wodurch sie diejenigen Körper, welche dieser Bewegung nicht folgen, dahin treibt. Dafs aber die Körper der seitlichen Bewegung des Fluidums in keiner Weise folgen, beruht darauf, dafs die aufserordentlich schnell von allen Seiten erfolgenden Anstöfse sich gegenseitig aufheben. Die Körper können sich daher nur radial bewegen.[1]

Neben diesem Fluidum wird der uns umgebende Raum, und zwar zu seinem gröfsten Teile, auch noch von andern Materien erfüllt, die aus dickeren Partikeln bestehen. Dies sind zunächst die Partikeln der Luft. Aufser diesen aber mufs es noch eine andre Materie geben, deren Teilchen feiner sind als diejenigen der Luft, jedoch gröfser als die des Gravitationsfluidums.[2] Die Existenz derselben folgt aus den Versuchen unter der Luftpumpe, wo sie Erscheinungen hervorruft, wie sonst die Luft, welche doch hier ausgeschlossen ist. Ihre Teilchen müssen daher das Glas des Rezipienten durchdringen können.

Jener feinen Materie, welche zwischen Luft und Gravitationsfluidum in der Mitte steht, bedarf HUYGENS noch zu einem andren Zwecke, nämlich um durch ihren Druck die Festigkeit der Körper zu erklären. Die von ihm entdeckte Adhäsionserscheinung von Wasser und Quecksilber an Glas, wenn erstere völlig von Luft befreit sind, gilt ihm daher als eine Hauptstütze seiner kinetischen Theorie. Der Versuch be-

[1] *De grav.* p. 102—104.
[2] *De grav.* p. 104.

stand darin, dafs völlig luftfreies Wasser in einer unten offenen Röhre im Vacuum hängen blieb.[1]

Die aufserordentliche Kleinheit der Teilchen des die Schwere verursachenden Fluidums ist für die Theorie unerläfslich, da die Schwere der Körper sich durch den Einschlufs in irgend ein Gefäfs nicht ändert; es mufs also vorausgesetzt werden, dafs die Teilchen des Fluidums ungehindert durch die Poren aller Körper, wie z. B. Glas und Metall, hindurchdringen. Dieselbe Voraussetzung ist aber auch nötig, um zu erklären, warum Körper von gleichem äufseren Volumen doch verschiedenes Gewicht haben können; denn es scheint zunächst als müsse nach der kinetischen Hypothese eine Hohlkugel von Glas eben so schwer sein wie eine Vollkugel, indem ja das Gewicht eines Körpers bestimmt ist durch die Quantität der fluiden Materie, welche an seine Stelle im Raume aufsteigt. Das Fluidum durchdringt also leicht alle Poren, nicht aber die Körperteilchen selbst. Demnach hängt das spezifische Gewicht der Körper lediglich ab von der Gröfse des Raumes, welcher durch die Korpuskeln des betreffenden Körpers wirklich und mit voller Solidität ausgefüllt wird, also abzüglich der zwischen diesen befindlichen Poren. Die Schwere ist genau proportional der Menge der Materie, welche der Körper enthält.

Der Beweis dieses Satzes ist grundlegend für die kinetische Theorie, weil er die Gleichheit der Masse zurückführt auf die Gleichheit der Bewegungswirkung. Wenn zwei Körper auf horizontaler Unterlage sich begegnen, so kann ihr gegenseitiger Widerstand nicht herrühren von ihrer Gravitation

---

[1] *Tract. de Lumine* p. 22, 23. Pressionis autem exterioris minima intelligenda est pressio aëris, quae non sufficeret, sed alia quaedam materiae alicujus subtilioris, quae pressio se manifestat in certa experientia quam fortuna mihi jam dudum obtulit; scilicet in aqua aëre expurgata, quae suspensa manet in tubo vitreo, cujus foramen inferius patet, licet eductus sit aër vasculo, in quo includitur tubus. — Huygens stellte den Versuch Ende Dezember 1661 an, wiederholte ihn vor der Royal Society in London 1663, worauf ihn Boyle mit Quecksilber nachahmte. *Experimenta physica*, in *Op. varia*, Lugd. Bat. 1724, p. 770, 771. Hiernach ist die aus Poggendorff entnommene Notiz bei Heller (II S. 201) zu ergänzen. — Es ist offenbar der Huygenssche Versuch, über welchen Oldenburg ausführlich an Spinoza unterm 31. Juli 1663 berichtete (Spin. *Op.* ed. Bruder II p. 176 f. *Ep.* X. Kirchmann, *Briefw.* S. 40).

gegen die Erde, da ja diese für beide aufgehoben ist. Die Erfahrung lehrt nun, daſs, wenn zwei Körper mit gleicher Geschwindigkeit sich begegnen, sie entweder gleich stark zurückspringen oder zur Ruhe kommen, je nachdem sie hart oder weich sind, sobald sie das gleiche Gewicht besitzen. Da in diesem Falle die Menge der Materie das einzige ist, was die Körper noch unterscheiden könnte, ein solcher Unterschied sich aber im Verhalten der Körper beim Stoſse nicht zeigt, so muſs man schlieſsen, daſs Körper von gleichem Gewicht die gleiche Menge an Materie enthalten, d. h. daſs die Gleichheit der Materie die Ursache ihres gleichen Verhaltens beim Stoſse und demnach identisch mit der erfahrungsmäſsigen Gleichheit ihres Gewichtes sei.[1]

DESCARTES beging den Fehler, daſs er den freien Durchgang der Materie, welche Ursache der Schwere ist, durch die Körper nicht voraussetzte, indem er annahm, daſs erstere durch die Erde aufgehalten werde und sich infolgedessen von derselben möglichst weit wieder entferne. Daraus würde aber folgen, daſs Körper, in der Erde oder in Metallen etc. eingeschlossen, an Gewicht verlieren müſsten, was der Erfahrung nicht entspricht. Namentlich aber hat DESCARTES die Geschwindigkeit des Gravitationsfluidums nicht beachtet; er hätte sonst finden müssen, daſs die Geschwindigkeit der Teilchen des Wassers und andrer Flüssigkeiten gar nicht mit derselben zu vergleichen sei. „Ich aber habe aufmerksam den Grad jener Geschwindigkeit untersucht, so daſs ich glaube, ihre Gröſse nahezu angeben zu können.“[2] HUYGENS findet nach dem von ihm entdeckten Gesetze über die Gröſse der Centrifugalkraft, daſs jene Geschwindigkeit mindestens gleich sein muſs derjenigen eines um den Äquator der Erde rotierenden Körpers, dessen Centrifugalkraft gleich ist dem entgegengesetzten Antriebe der Schwere. Ein solcher Körper müſste aber den Äquator in einer Stunde und 24½ Minuten durchlaufen, also 17mal so schnell, als ein Punkt der Erdoberfläche, wobei die Daten der PICARDschen Gradmessung vorausgesetzt sind.

Die Gröſse dieser Geschwindigkeit, welche die einer senkrecht abgeschossenen und dann herabstürzenden Kanonenkugel

---

[1] *De grav.* p. 106. — [2] *De grav.* p. 108.

vielmals übertrifft, ist nun auch imstande, die von Galilei entdeckte Beschleunigung der Schwere zu erklären, da der Druck jener Materie auf die fallende Kugel fast ungeändert bleibt, die einzelnen Wirkungen sich somit summieren müssen. Die Beschleunigung würde freilich aufhören, wenn die Geschwindigkeit des fallenden Körpers der des Fluidums nahekäme, aber dies liegt aufserhalb unserer Erfahrung.

„Demnach habe ich aus einer Hypothese, welche nichts Unmögliches einschliefst, erklärt, warum die irdischen Körper nach dem Zentrum streben; warum die Wirkung der Schwere durch Zwischenlagerung andrer Körper nicht gehindert werden kann; warum die innern Teile eines Körpers zu seinem Gesamtgewicht beitragen; endlich warum die Fallgeschwindigkeit proportional der Zeit wächst; und mehr Eigenschaften der Schwere sind bisher nicht beobachtet worden."[1]

Die durch Richer beobachtete Abnahme der Schwere am Äquator führte Huygens bekanntlich auf die Zunahme der Centrifugalkraft zurück.[2]

Nachdem Huygens Newtons *Philosophiae naturalis principia mathematica* kennen gelernt hatte, fügte er noch einen Anhang[3] seiner Abhandlung hinzu. Er erkennt vollständig die mathematische Ableitung der Newtonschen Theorie an und gibt ihr gegenüber die Wirbeltheorie Descartes' auf. Aber er kann die Hypothese der gegenseitigen Attraktion der Massenteilchen nicht zugeben, weil dieselbe sich weder aus Prinzipien der Mechanik noch aus Gesetzen der Bewegung erklären lasse, er ist vielmehr überzeugt, dafs seine Theorie der irdischen Schwere auf die kosmische übertragbar sei. Schon früher hatte er geglaubt, dafs die Kugelgestalt der Sonne auf die gleiche Ursache wie die der Erde zurückzuführen sei, aber er war noch zu sehr in der cartesischen Vorstellung der Wirbel befangen gewesen, als dafs er die Kraft der Schwere auf so grofse Entfernungen wie die der Planeten von der Sonne auszudehnen gewagt hätte. Nach Newtons Entdeckungen mufs dies jedoch geschehen. Er hat daher durchaus nichts gegen die von Newton eingeführte Centripetalkraft, nur mufs man sie nicht auf Attraktion, sondern auf eine mechanische Ursache zurückführen, und dies wird vermutlich gelingen, wie es ihm für die

---

[1] *De grav.* p. 110. — [2] *De grav.* p. 111 f. — [3] *Additamentum.* p. 116 ff.

irdische Schwere gelungen ist.[1] Dabei hatte es sich ja gezeigt, daſs die Körper auch dann nach irgend einem Zentrum gravitieren würden, wenn sich daselbst gar keine Masse wie die der Erde befände. Es bleibt jedoch noch eine andre höchst wichtige Eigenschaft der Gravitation zu erklären, nämlich die von Newton entdeckte Abnahme derselben mit dem Quadrate der Entfernung. Wie diese zu begründen ist, darüber äuſsert sich Huygens nicht. Er nimmt zwar an, daſs sie sich unmittelbar aus der vorauszusetzenden Geschwindigkeit des Äthers ergebe; jedoch macht er über die Abhängigkeit der letzteren von der Entfernung der rotierenden Materie vom Zentrum keine bestimmte Angabe. Allerdings muſs, wie er in einem Briefe[2] an Leibniz sagt, die Geschwindigkeit der kreisenden Materie gegen das Zentrum hin in einer gewissen Proportion gröſser sein als an den entfernteren Stellen, um die von Newton so sicher gestellte Abnahme der Gravitation mit dem Quadrate der Entfernung zu erklären, und diese Proportion könne er auch leicht bestimmen, „aber ich finde bisher nicht die Ursache dieser Verschiedenheit der Geschwindigkeiten.“ Dies ist also der Grund, weshalb Huygens genauere Angaben unterdrückt; er wollte auch für die Abnahme der Geschwindigkeit des Gravitationsfluidums vom Zentrum eine mechanische Ursache haben. Aus gleichem Grunde kann er sich nicht für die von Leibniz aufgestellte sogenannte „harmonische Circulation“ erklären, nach welcher die Geschwindigkeiten umgekehrt proportional den Radien sein sollen.[3] Er sagt nur so viel, daſs die Geschwindigkeit nicht konstant ist in der Nähe und Ferne des Zentrums, und daſs im Erdinnern die Geschwindigkeit ebenfalls eine Verminderung durch den Widerstand der Erde erfährt.[4]

Dagegen muſs er im Interesse seiner Theorien der Gravitation und des Lichtes Einspruch erheben gegen die Annahme Newtons, daſs der Himmelsraum mit einer gewissen

---

[1] *De. grav.* p. 121.

[2] Leibniz, *Math. Schriften.* ed. Gerhardt, Bd. II p. 137 (11. Juli 1692).

[3] Leibniz, *Math. Schriften* Bd. VI p. 167.

[4] *Leibnizens und Huygens' Briefwechsel mit Papin,* herausgeg. v. Gerland, Berlin 1881. S. 156.

äufserst feinen Materie erfüllt sei. Dadurch würden seine eigenen Theorien gänzlich hinfällig werden.[1]

Die ätherische Materie oder der Ather — diesen Namen gebraucht Huygens nunmehr neben demjenigen der *materia fluida* — kann auf zweierlei Art äufserst dünn sein; entweder, indem seine Teilchen voneinander abstehen und leere Zwischenräume besitzen; oder, indem sie sich zwar berühren, aber so, dafs ihr Zusammenhang nur sehr leicht und mit mehreren leeren Zwischenräumen durchsetzt ist. Das Vacuum will er gern zugeben;[2] es scheint, dafs ohne dasselbe die Bewegung der kleinen Korpuskeln untereinander nicht möglich sei; hierin sei eı ganz anderer Meinung als Descartes und glaube nicht, dafs das Wesen des Körpers in der Ausdehnung allein bestehe, sondern dafs eine vollkommene Härte aufserdem als zum Wesen des Körpers gehörig anzunehmen sei, durch welche der Körper undurchdringlich wird und weder zerbrochen, noch verkleinert werden kann. Die erste Art der Beschaffenheit des Äthers (mit Korpuskeln, die sich nicht berühren) scheint Huygens nicht ausreichend über die Möglichkeit der Schwere Rechenschaft zu geben, während sie die Erklärung der grofsen Geschwindigkeit des Lichtes, die nach Roemer 600000 mal gröfser als die des Schalls ist, ganz unmöglich mache.[3] Es dünkt ihm daher wahrscheinlicher, die zweite Hypothese anzunehmen, unter Voraussetzung eines so schwachen Zusammen-

[1] Zwei neuere Einwendungen gegen die Gravitationstheorie von Huygens dürften im wesentlichen auf unvollständiger Benützung der Quellen beruhen. Fritsch (*Progr. d. Realsch. in Königsberg* 1874) wirft Huygens vor, dafs er nichts über die Geschwindigkeiten der einzelnen Ätherteilchen sage. Wir haben oben (S. 349) gesehen, dafs Huygens diese Geschwindigkeit sehr genau in Überlegung gezogen hat, er hat sie für die Oberfläche der Erde am Äquator bestimmt und kennt im übrigen seine Gründe, sich vorläufig noch nicht näher zu äufsern. Isenkrahe (*Das Rätsel der Schwerkraft*, Braunschweig 1879, S. 94, 95) fügt hinzu, dafs für die Bewegung des Körpers im rotierenden Äther seine Gestalt mafsgebend sei, dafs die Beschleunigung nur für Kugeln gelten würde. Darauf würde Huygens einfach erwidern, dafs nichts entgegen stehe, den Atomen der schweren Körper eine passende Gestalt zu erteilen. Denn er hebt wiederholt in *De Lumine* hervor, dafs die Teilchen aller Körper aus lose zusammengefügten Atomen bestehen, zwischen denen der Äther frei circuliert; die Wirkung des letzteren hängt daher nur von der Gestalt dieser Atome ab.

[2] *De gr.* p. 123. Vacuum equidem facile admitto.

[3] *De gr.* p. 123.

hangs der Teilchen, daſs sie trotz ihrer Berührung der Bewegung der Planeten kein Hindernis in den Weg stellen. Zu ihrer leichten Durchdringbarkeit könne ihre lebhafte Agitation viel betragen. HUYGENS bekennt sich hier noch zu der cartesischen Ansicht, daſs die lebhafte Bewegung der Wasserteilchen die leichte Durchdringbarkeit des Wassers befördere. Bei dieser Konstitution des Äthers scheint es freilich, als ob NEWTON mit seiner Behauptung recht hätte, der Äther müsse sehr wenig dicht sein, weil er sonst sehr schwer sein würde. Denn da sich die spezifischen Gewichte der Körper verhalten wie die von ihnen materiell erfüllten Räume, und da bei der vorausgesetzten Berührung der Ätherteilchen die Poren nur sehr klein sein können, so würde der Äther den von ihm eingenommenen Raum zum gröſsten Teile absolut erfüllen. Letzteres ist zwar richtig, aber es folgt daraus nicht die Schwere des Äthers. Diese würde nur dann folgen, wenn die Schwere eine inhärente Eigenschaft der Körper wäre. So aber gilt das, was von den Körpern richtig ist, nicht vom Äther. Vielmehr ist es ja eben der Äther, welcher verursacht, daſs die Körper nach Verhältnis ihrer Masse schwer sind, er selbst aber ist überhaupt nicht schwer, sondern strebt infolge seiner rapiden Rotation sich vom Zentrum möglichst zu entfernen.[1]

Aus der nicht völligen Übereinstimmung der Pendelbeobachtung am Äquator mit der astronomisch gewährleisteten Abnahme der Schwere nach dem Quadrate der Entfernung ist HUYGENS geneigt zu schlieſsen, daſs die Geschwindigkeit des Gravitationsfluidums in unmittelbarer Nähe der Erde sich ein wenig ändere, wie dies im Erdinnern ebenfalls stattzufinden scheine; es würde ja sonst auch die Schwere mit der Annäherung an den Erdmittelpunkt ins Unendliche wachsen müssen.[2]

Die Bestimmungen NEWTONS über die Gröſse der Gravitation auf der Sonne und den Planeten erregen das besondere Interesse HUYGENS'. Unter Zugrundelegung einer gröſseren Sonnendistanz als bei NEWTON findet er die Schwere auf der Oberfläche der Sonne (nicht 12mal, wie dieser, sondern) 26mal so groſs, als auf der Erde. Hieraus folgt, daſs die Geschwindigkeit des Äthers in der Nähe der Sonne 49mal so

[1] *De gr.* p. 125. — [2] *De gr.* p. 128.

grofs ist, als am Äquator der Erde.[1] (Es wäre dies eine Geschwindigkeit von ungefähr 387 Kilometer.) Die Gröfse dieser Geschwindigkeit führte ihn auf den Gedanken, ob nicht vielleicht die aufserordentliche Helligkeit der Sonne ihre Ursache darin habe, indem die Teilchen der Sonne, welche sich in der feineren und heftig bewegten Materie befinden, auf die sie umfliefsenden Partikeln des Äthers stofsen.

Diese Bemerkungen HUYGENS' zum Werke NEWTONS gestatten einen genaueren Einblick in die Vorstellungen, welche er sich vom Äther machte, wenn sie auch noch manches im Dunkeln lassen. Es entsteht die Schwierigkeit, sich die Äthersphären um jeden einzelnen Planeten in ihrer Zusammenwirkung mit der sie umfassenden Äthersphäre der Sonne zu denken. Andrerseits scheint aus ihnen hervorzugehen, dafs er nunmehr den Äther, welcher die Gravitation hervorbringt, als identisch mit dem Äther ansieht, welcher der Träger des Lichtes ist. Wenn er im Gegensatz zu NEWTON die Ätherkorpuskeln als sich gegenseitig berührend aufgefafst wissen will, so geschieht dies, um die grofse Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes zu erklären; und von derselben Materie sagt er, dafs sie selbst nicht schwer sei, weil sie vielmehr die Schwere der übrigen Körper verursache. Hier ist zwischen dem Licht- und dem Schwere-Äther kein Unterschied gemacht. Auch deutet die Stelle, wo er die Stöfse der Teilchen der Sonne gegen die Ätherkorpuskeln als Ursache des Lichtes anspricht, auf die Identität des Äthers mit der *materia fluida* hin, zumal er fortfährt: „Denn wenn die Agitation ebenderselben Materie bei der Bewegung, welche sie hier auf der Erde besitzt, das Leuchten einer Kerzenflamme bewirken kann, um wieviel glänzender wird das Licht sein müssen, das von einer 49mal reissenderen und erregteren Bewegung herrührt.“[1] Indessen könnte man auch hier immer noch annehmen, dafs die Teilchen des Gravitationsfluidums durch Vermittelung der Körperkorpuskeln die Ätherteilchen zu Schwingungen anregen. Meint aber HUYGENS, wie es scheint, dafs die Teilchen des Gravitationsfluidums sich selbst durch den Anstofs an den Körperteilchen in Schwingungen versetzen, so wird man diese sich

[1] *De gr.* p. 129.

hieraus ergebende Identität jenes Fluidums mit dem Lichtäther als eine spätere Modifikation seiner ursprünglichen Hypothese ansehen müssen. Denn in der Gravitationstheorie, welche vor der Hinzufügung des *Additamentum* geschrieben ist, erstreckt sich das Gavitationsfluidum nur bis zu einer gewissen Distanz um die Erde und ist dort von andern Körpern eingeschlossen, also jedenfalls mit dem den ganzen Weltraum erfüllenden Lichtäther noch nicht identisch. Auch ist in der Abhandlung vom Licht die Existenz einer noch feineren, äufserst schnell agitierten Materie zwischen den Teilchen des Lichtäthers besonders vorgesehen.

B. Das Licht.

Die Abhandlung vom Licht, welche über HUYGENS' Theorie der Materie näheren Aufschlufs gibt, hatte er im Jahre 1678 der Pariser Akademie vorgelegt;[1] sie erschien 1690 und enthält die bekannte Undulationstheorie, nach welcher die Ausbreitung des Lichtes auf der Fortpflanzung von Schwingungen der Teilchen beruht. Von jedem leuchtenden Punkte gehen kugelförmige Wellen aus, die sich bis zum Auge fortpflanzen und analog den Schwingungen gedacht werden, welche die Luftteilchen bei der Ausbreitung des Schalls ausführen, nur dafs sie in einem viel feineren und schnelleren Mittel stattfinden. Dieser Äther interessiert uns hier zunächst.

„Es hindert uns nichts," sagt HUYGENS, „zu glauben, dafs die ätherischen Teilchen aus einer Materie bestehen, deren Härte und Elasticität sich der Vollkommenheit nähert, soweit wir wollen; und es ist nicht notwendig hier zu prüfen, worin die Ursache ihrer Elasticität und Härte besteht, weil dies zu weit von unsrem Thema abführen würde. Nur nebenbei sei bemerkt, man kann sich denken, dafs jene ätherischen Teilchen, so klein sie sind, doch noch aus andern Teilchen bestehen, und dafs ihre Elasticität beruhe auf der äufserst schnellen Bewegung irgend einer feinen Materie, welche sie allerseits durchdringt und ihr Gefüge so anordnet, dafs sie jener flüssigen Materie einen offenen und leichten Zugang bietet. Dies stimmt

[1] *De lum.* Praef.

aber überein mit der von DESCARTES angeführten Ursache der Elasticität, nur daſs ich nicht mit ihm Poren in Gestalt runder und hohler Kanäle voraussetze. Auch braucht es niemand absurd oder unmöglich zu erscheinen, da es im Gegenteil sehr glaublich ist, daſs die Natur bei der Hervorbringung so vieler wunderbarer Wirkungen sich eines unendlichen Progresses in der verschiedenen Gröſse und Geschwindigkeit der Korpuskeln bedient."[1]

Diese elastischen Partikeln werden einen etwa erhaltenen Antrieb an die Nachbarteilchen mit groſser, obwohl endlicher Geschwindigkeit fortpflanzen, wie man dies an dem Versuche mit in einer Reihe aufgehängten elastischen Kugeln sehen kann. Es braucht jedoch deshalb für die Ätherteilchen weder eine regelmäſsige Anordnung, noch eine kugelförmige Gestalt angenommen zu werden.[2] Dagegen scheint die Gleichheit ihrer Gröſse eine notwendige Voraussetzung zu sein, weil sonst nach den Regeln des Stoſses eine ungleichartige Verteilung der Geschwindigkeit erfolgen würde; wenigstens ist diese Gleichheit förderlich für die leichtere und stärkere Fortpflanzung des Lichtes und daher wenigstens im Weltraum wahrscheinlich. Es ist dabei zu beachten, daſs, obwohl man eine fortwährende Bewegung der Ätherteilchen annehmen muſs, die aus vielen Gründen wahrscheinlich ist, diese dennoch die successive Fortpflanzung der Wellen nicht hindern kann, weil diese nicht in einer Translation jener Teilchen, sondern nur in einer leichten Erschütterung besteht, welche sich sehr wohl den Nachbarteilchen mitteilen kann, ohne durch die lebhafte Bewegung und den Ortswechsel gestört zu werden.

Eine derartige Voraussetzung über die Fortpflanzung des Lichtes sei geeigneter, die groſse Geschwindigkeit des Lichtes begreiflich zu machen, als die Annahme einer Translation der materiellen Teilchen selbst mit so groſser Geschwindigkeit. Es gelingt nunmehr HUYGENS die Reflexion und Refraktion des Lichtes nach seiner Theorie zu erklären, wobei er annimmt, daſs die Geschwindigkeit des Lichtes im optisch dichteren Mittel eine geringere sei, im Gegensatz zur Emissionstheorie. Ferner erklärte er die merkwürdige Erscheinung der Doppel-

[1] *De lum.* p. 11. — [2] A. a. O. p. 12.

brechung im Kalkspat, konnte jedoch über die Farbenzerstreuung und die Polarisation keine Rechenschaft geben, letzteres, weil er die Schwingungen der Ätherteilchen als longitudinale in der Fortpflanzungsrichtung ansah.

Die Äthertheorie des Lichtes führt HUYGENS dazu, auch gewisse Andeutungen über die Konstitution der Körper zu geben. Er bemerkt, dafs die Reflexion nach der Emissionstheorie deshalb nicht erklärt werden könne, weil die Lichtteilchen kleiner sind als diejenigen der reflektierenden Körper, z. B. des Quecksilbers; sie würden also an der Oberfläche des Quecksilbers nicht eine ebene Wand finden, wie ein Ball, den man an eine Mauer wirft, sondern wegen der vorhandenen Unebenheiten nach allen möglichen Richtungen zurückgeworfen werden müssen.[1] Für die Undulationstheorie dagegen macht es nichts aus, dafs die Oberfläche in Bezug auf die Ätherteilchen immer eine rauhe ist; es werden trotzdem Wellen erzeugt werden, deren Mittelpunkte so nahe in einer Ebene liegen, dafs sie mit hinreichender Genauigkeit eine gemeinsame Tangente besitzen.

In Bezug auf den Durchgang des Lichtes durch die Körper sind drei Fälle möglich. Die durchsichtigen Körper können die Wellen durchlassen, indem sie entweder selbst schwingen, oder indem der zwischen ihnen befindliche Äther schwingt, oder endlich, indem der Äther und die Körperkorpuskeln beide die Schwingungen fortpflanzen. Die Fortpflanzung der Wellen durch die Schwingungen der Körperteilchen würde voraussetzen, dafs letztere elastisch sind; dies wäre keine bedenkliche Annahme, namentlich für die durchsichtigen Flüssigkeiten, deren Teilchen nicht zusammenhängen. Schwieriger scheint die Sache bei den festen Körpern; aber auch bei diesen ist die Festigkeit keineswegs eine solche, wie sie uns erscheint. Denn dieselben bestehen wahrscheinlich aus aneinandergelagerten Teilchen, welche durch den Druck einer äufseren sehr feinen Materie und die Unregelmäfsigkeit ihrer Gestalten aneinander gehalten werden. Die Porosität der festen Körper folgt ja schon daraus, dafs sie von der Materie der magnetischen Wirbel und von dem die Schwere bewirkenden

[1] A. a. O. p. 21.

Fluidum durchdrungen werden. Indessen können sie nicht die Struktur wie Schwämme oder lockeres Brot besitzen, weil sie durch die Wärme flüssig werden und sich dabei die gegenseitige Lage ihrer Teilchen ändert. Es bleibt also nur übrig, dafs sie eine Art von Haufen der Teilchen bilden, die sich zwar berühren, aber nicht ein solides Kontinuum zusammen ausmachen. Unter diesen Umständen werden die Teilchen sich Schwingungen übertragen können, ohne das Gefüge des Körpers zu stören.[1]

Es könnte also auf diese Weise ein durchsichtiger Körper gedacht werden, ohne dafs die ätherische Materie denselben, z. B. das Glas, durchdringt oder Poren zum Eindringen findet. In der That aber durchsetzt der Äther nicht nur die Körper, sondern dies geschieht sogar sehr leicht, wie schon aus der Durchsichtigkeit des TORRICELLIschen Vacuums folgt, welche unmittelbar nach dem Sinken des Quecksilbers auftritt. Aber auch folgende Überlegung beweist die leichte Durchdringbarkeit der Körper durch den Äther. Da sich die Ätherteilchen gegenseitig berühren und die Poren der Körper nahezu ausfüllen, so müfsten alle Körper, gleichviel ob sie solid sind oder Hohlräume enthalten, bei sonst gleicher Form und Gröfse der Bewegung nahezu gleichen Widerstand entgegensetzen. Eine hohle Glaskugel z. B. müfste sich der Bewegung gegenüber ebenso verhalten wie eine solide oder mit Quecksilber gefüllte, da sie ja offenbar ganz mit Äther angefüllt ist, und der Widerstand eines Körpers nur von der Menge der Materie abhängt, die derselbe enthält. Es mufs daher angenommen werden, dafs bei der Bewegung der Körper der in ihnen enthaltene Äther nicht mitbewegt wird, sondern die Körper durch ihn hindurchgehen, und dies setzt wieder voraus, dafs der Äther ohne jeden merklichen Widerstand durch die Poren des Körpers strömt.[2]

Es ist daher auch wahrscheinlich, dafs die Wellen in den durchsichtigen Körpern sich im Äther selbst fortpflanzen. Die mit Äther erfüllten Poren der Körper nehmen viel mehr Raum ein, als die Körperteilchen selbst. Dies folgt aus der Verschiedenheit der spezifischen Gewichte der Körper, welche ja

[1] A. a. O. p. 22. — [2] A. a. O. p. 23.

der Menge der in ihnen auf gleiche Raumteile enthaltenen Materie entsprechen; wenn nun das Gold schon Poren hat, so müssen die Partikeln des Wassers einen verhältnismäfsig viel kleineren Raum wirklich erfüllen. Man wird freilich fragen, warum dann das Wasser nicht zusammendrückbar sei. Dies rührt von der äufserst schnellen und erregten Bewegung der feinen Materie her, welche das Wasser durch Erschütterung seiner Teilchen flüssig macht und dem Drucke widersteht.[1] Nach alledem ist kein Grund mehr vorhanden, an der Durchdringbarkeit der Körper durch den Äther und an der Fortpflanzung der Wellen durch diesen innerhalb der Körper zu zweifeln. Es wird jedoch der Fortschritt der Wellen innerhalb der Körper wegen der zurückzulegenden kleinen Krümmungen verlangsamt werden, und dies gerade kommt der Erklärung der Lichtbrechung zustatten.[2]

Endlich können die Wellen sowohl durch die Teilchen des Äthers als durch die des Körpers gleichmäfsig fortgepflanzt werden, und dies kann zur Erklärung der Doppelbrechung dienen. Der Einwurf, dafs die sehr kleinen Ätherteilchen den gröfseren Körperteilchen keinen Anstofs erteilen könnten, erledigt sich dadurch, dafs, wie schon bei andern Gelegenheiten bemerkt, die Körperteilchen selbst aus andern sehr kleinen Partikeln bestehen.

Die Gründe für die leichte Durchdringbarkeit der durchsichtigen Körper durch den Äther können indessen auch auf die undurchsichtigen ausgedehnt werden; auch durch ihre Poren mufs der Äther leicht strömen können, und es entsteht daher die Frage, warum nicht alle Körper durchsichtig seien. Worauf beruht die Opacität der Körper? Vielleicht auf der Weichheit der Körperteilchen, die aus kleineren bestehen und daher infolge der Ätherstöfse ihre Gestalt ändern, wodurch sie die Bewegung des Äthers aufhalten. Aber dies ist kaum annehmbar, weil, wenn ihre Teilchen so weich wären, Silber und Quecksilber das Licht nicht so stark reflektieren könnten. Wahrscheinlich kommen also den Metallen, welche fast die einzigen gänzlich undurchsichtigen Körper sind, harte und weiche Partikeln

---

[1] A. a. O. p. 24.
[2] A. a. O. p. 25.

untereinander gemischt zu, während die durchsichtigen Körper nur aus harten Teilchen bestehen.[1]

In den Kristallen sind die Teilchen gleichartig in Gröfse und Gestalt und regelmäfsig angeordnet. Im isländischen Doppelspat haben dieselben, wie HUYGENS aus dem Phänomen der Doppelbrechung folgert, die Gestalt von flachen Rotationssphäroiden mit dem Axenverhältnis 1 : 8.[2] Die Doppelbrechung kommt dadurch zustande, dafs sich im Kristall zwei Wellen zugleich fortpflanzen, eine kugelförmige durch den Äther allein, und eine sphäroidale, bei welcher auch die Teilchen des Kristalls mitschwingen. Auch hier erfordert die ungestörte Ausbreitung der direkten Welle durch den intrakorpuskularen Äther, ebenso wie die relativ geringe Menge der eigentlichen Körpermaterie im Vergleich zum Raum der Poren, die Annahme, dafs die Körperteilchen von sehr lockerem Gefüge (texturae rarissimae) und aus noch kleineren Partikeln zusammengesetzt sind, zwischen welchen die ätherische Materie vollständig frei fliefst.[3]

Die Vorstellung, welche sich HUYGENS von der Konstitution der Korpuskeln macht, ist also diejenige, dafs sie keineswegs solid und unteilbar sind, sondern ein lockeres Gefüge kleinerer Korpuskeln darstellen, zwischen denen die beweglichen Teilchen des Lichtäthers frei circulieren. Was hält nun jene kleinen Korpuskeln in den gröfseren zusammen und bewirkt z. B. bei den Kristallen die regelmäfsige Gestalt derselben? Hierüber gibt uns HUYGENS' Briefwechsel einige, wenn auch keine ausreichende Aufklärung.

C. Die Kohäsion.

Aufser der Materie, deren Teilchen die Sphäroide des Kalkspats zusammensetzen, nimmt HUYGENS eine zweite feine Materie an, welche die um die Sphäroide bleibenden Intervalle erfüllt und dazu dient, jene zusammen verbunden zu halten. Aber auch diese Materie besteht, wie die Sphäroide, aus sehr kleinen und festen Teilchen. Zwischen den Teilchen dieser beiden Materien sind diejenigen des Äthers in noch feinerer

[1] A. a. O. p. 26. — [2] A. a. O. p. 70. — [3] A. a. O. p. 47.

Verteilung und fortwährender Bewegung ausgebreitet.[1] Die Materie, welche die Festigkeit der Körper bedingt, ist also nicht der Lichtäther, sie ist aber auch nicht identisch mit dem Gravitationsäther. Wiederholt betont HUYGENS, daſs die Festigkeit der Körper durch den blossen Druck einer äuſseren Materie nicht zu erklären ist. PAPIN gegenüber beweist er, daſs der bloſse Druck einer äuſseren Materie nicht genügen könne, die Festigkeit der gedrückten Materie zu bewirken. PAPIN[2] wollte ganz nach DESCARTES das Wesen der Materie nur in der Ausdehnung finden und glaubte von der Härte als einer ursprünglichen Eigenschaft derselben absehen zu können; er meinte, es sei zwar schwierig, aber nicht unmöglich, die Härte der Körper aus der Fluidität mit Hilfe eines äuſseren Druckes abzuleiten. Dem gegenüber weist HUYGENS folgendes nach. Man denke sich ein Stück Materie (z. B. Eisen) AB (s. Fig. 12), dessen untere Hälfte B in einen Schraubstock geklemmt und an jeder Bewegung verhindert ist. Dann würde, wenn demselben nicht eine innere Festigkeit zukäme, kein Druck ausreichen, um zu bewirken, daſs die obere Hälfte längs der Linie ED nicht gleiten könne. Denn der Druck von oben kann ein derartiges Gleiten nicht verhindern, die Druckkräftevon den Seiten müssen sich aber notwendig allerseits das Gleichgewicht halten. Es würde also die geringste Störung des Seitendrucks die obere Hälfte bewegen müssen. Dagegen würde sich dieser Widerstand gegen die Gestaltsänderung sehr wohl erklären lassen, wenn man neben dem äuſseren Druck auch noch die Härte der Partikeln voraussetzte, und HUYGENS glaubt sich nicht von den richtigen Prinzipien der Natur zu entfernen, wenn er die Härte ebenso wie die Ausdehnung als eine wesentliche Eigenschaft der Materie ansieht. Allerdings kann man in jedem Atom distinkte Teile unterscheiden, aber deswegen brauchen sie weder getrennt noch leicht trennbar zu sein.[3] Ein Körper ist seiner Ansicht nach nicht Körper, wenn es in ihm nicht etwas gibt, das seine Ausdehnung aufrecht erhält, und das kann nicht wieder die

D A B E

Fig. 12.

[1] *Leibnizens u. Huygens' Briefwechsel mit Papin.* Herausgeg. v. GERLAND, Berlin 1881. S. 169.

[2] A. a. O. S. 150, 163, 164. — [3] A. a. O. S. 157, 158.

Ausdehnung selbst sein. Und wenn es so wäre, so würden die Körper immer nur vollkommen flüssig sein können, weil keine Druckkraft von aufsen hindern könnte, dafs ein solcher Körper bei der geringsten Berührung seine Gestalt ändere; aber dies ist gegen die Erfahrung.[1]

Gegenüber LEIBNIZ, welcher die Rundung der Tropfen auf den Druck einer äufsern Materie zurückführen wollte, schreibt HUYGENS dieselbe einer inneren Agitation der Flüssigkeit zu. Der gleiche Andrang einer äufseren Materie würde in Bezug auf das Hineintreiben der Teile und die Gestaltsänderung des Tropfens genau dieselbe Wirkung hervorbringen müssen wie der gleiche Druck einer ihn allseitig umgebenden Materie. Aber ein solcher Druck könnte nach den Prinzipien der Mechanik durchaus weder die Gestalt des Tropfens ändern, noch ihn sphärisch machen, wiewohl mehrere dies fälschlicher Weise glauben.[2] LEIBNIZ zieht darauf seine auf DESCARTES gestützte Ansicht zurück.[3] Dagegen gelang es HUYGENS nicht, LEIBNIZ zu seiner Annahme einer absoluten Undurchdringlichkeit und Festigkeit der letzten Teilchen der Materie, zu den Atomen und dem leeren Raum GASSENDIS zu bekehren. HUYGENS schreibt:

„Der Grund, welcher mich zwingt unzerbrechliche Atome anzunehmen, liegt darin, dafs ich mich ebensowenig wie Sie der cartesischen Lehre anbequemen kann, wonach das Wesen des Körpers in der Ausdehnung allein besteht, und dafs ich es daher notwendig finde, den Körpern, damit sie ihre Gestalt bewahren und der Bewegung gegenseitig widerstehen, Undurchdringlichkeit und Widerstand gegen das Brechen oder Zusammendrücken zuzuschreiben. Nun mufs man diesen Widerstand als unendlich voraussetzen, weil es absurd erscheint einen gewissen Grad desselben anzunehmen, etwa gleich dem des Diamanten oder des Eisens: denn dazu könnte keine Ursache in einer Materie liegen, von der man ja nichts als die Ausdehnung voraussetzt .... Die Hypothese der unendlichen Festigkeit scheint mir daher sehr notwendig, und ich begreife nicht, warum Sie dieselbe so befremdend finden, als ob sie ein beständiges Wunder einführe."[4]

Und nach einigen Einwänden gegen LEIBNIZ' Erklärung der Festigkeit durch den *motus conspirans*[5] fährt er fort: Ich

---

[1] A. a. O. S. 170, 171. Das Semikolon hinter *attouchement* ist offenbar zu streichen.

[2] LEIBNIZ, *Math. Schriften.* II p. 150. — [3] A. a. O. p. 155.

[4] A. a. O. p. 139.

[5] S. *Math. Schr.* VI p. 87. Vgl. 5. Buch, 3. Absch. S. 452.

habe eine Art, die Kohäsion der zusammengesetzten Körper zu erklären, welche von dem Druck von aufsen und noch von einer andern Sache abhängt."[1]

In seiner Antwort gibt LEIBNIZ zu, dafs es absurd ist, den Körpern einen bestimmten Festigkeitsgrad zu geben, weil jeder Grad gleichberechtigt sei; aber er hält es nicht für absurd, den verschiedenen Körpern verschiedene Festigkeitsgrade zuzusprechen, sonst könnte man mit demselben Rechte sagen, dafs die Körper gar keine oder eine unendliche Geschwindigkeit besäfsen. „Wenn man sagt, dafs die Natur variiert, so will die Vernunft, dafs es keine Atome oder Körper von unendlicher Festigkeit gibt, sonst müfsten alle derartig sein, was nicht notwendig ist. Sie scheinen auch nicht genügende Rücksicht auf die Atome zu nehmen, die sich längs einer Oberfläche berühren und demzufolge für immer untrennbar verbunden bleiben müfsten. Denn zu leugnen, dafs es bei den Atomen ebene oder auch nicht im geringsten Teile kongruente Oberflächen gebe, ist ein grofses *Postulatum*."[2] Denn man müsse auch auf dasjenige achthaben, was immerhin möglich ist, dafs z. B. alle Atome ebene Grenzflächen hätten; deshalb sei die Hypothese von der unendlichen Festigkeit nicht statthaft. Von andern Bedenken gegen die Atome hebt LEIBNIZ hervor, dafs sie den Bewegungsgesetzen nicht unterliegen könnten; denn beim geraden Stofse zweier gleicher und gleichschneller Atome müfste ihre Kraft verloren gehen, da es scheint, dafs es dann keine Elasticität gibt, welche die Körper zurückspringen liefse. Ferner könne die blofse Berührung nicht die Adhäsion erklären, es müfste also diese durch ein beständiges Wunder geschehen. „Wenn aber die Festigkeit eine erklärbare Eigenschaft ist, so mufs sie notwendigerweise von der Bewegung herrühren, weil nur die Bewegung die Körper verschieden macht. Demnach kommt alles, was ich über den ursprünglichen Zusammenhang der Körper sagen kann, darauf zurück, dafs es der Kraft zur Trennung der Teile der Materie voneinander

---

[1] *M. Schr.* II p. 140.
[2] A. a. O. p. 145. Vgl. 5. Buch, S. 447.

bedarf, wenn diese Trennung die Bewegung und den gegenwärtigen Lauf der Körper verändert."[1]

Auf diese Einwürfe erwidert Huygens:[2] „Glauben Sie mir, bitte, daſs ich mich keineswegs daran klammere, einmal gefaſste Meinungen festzuhalten, sondern einzig und allein nach einem Strahl der Wahrheit suche, den unser Meinungswechsel zu Tage bringen könnte. Was Sie über meine Atome von unendlicher Härte sagen, habe ich wohl durchdacht, insofern Sie es nämlich für eine Absurdität erklären, allen primitiven Körpern einen gewissen Grad der Festigkeit zuzusprechen, aber nicht, verschiedene Grade in mehreren Körpern anzunehmen, wohl zu verstehen, in ursprünglichen, denn darum handelt es sich. Dennoch scheint es mir, daſs es leichter ist, eine vollkommene und unendliche Härte für alle zuzugeben, als diese Verschiedenheit der Kräfte für verschiedene Körper. Denn es ist schwerer die Gründe für diese verschiedenen Härten zu begreifen, als eine einzige zuzulassen. Dies hieſse mehrere Arten der ersten Materie vorstellen, während ich deren nur eine einzige nötig habe." In dem „groſsen Postulatum", daſs die Atome keine ebenen oder kongruenten Flächen besitzen sollen, sieht Huygens nur einen Vorteil der Hypothese, der aber auch allenfalls entbehrt werden kann, weil die Aneinanderlagerung der Atome immerhin eine genaue Anpassung der Flächen im Unteilbaren voraussetzen würde, wofür bei der groſsen Bewegung derselben keine Wahrscheinlichkeit besteht. Darauf entgegnet Huygens auf den obigen Einwand, daſs die Atome nicht den Stoſsgesetzen folgen könnten, weil sie keine Elasticität besäſsen: „Ich glaube dies keineswegs, aus Gründen, welche ich eines Tages publizieren werde; und welche Erklärung Sie auch von der Ursache der Elasticität geben wollen, Sie würden immer sehr in Verlegenheit geraten, wenn Sie annehmen wollten, daſs die letzten kleinen Körper (denn diejenigen, welche Rückstoſs ausüben, sind zusammengesetzt) beim Zusammentreffen nicht zurückspringen, sondern verbunden blieben; denn daraus würde der Verlust aller relativen Bewegung in der Materie des Universums herrühren."

---

[1] *M. Schr.* II p. 146.

[2] 16. Jan. 1693. A. a. O. p. 150 f.

Endlich wiederholt HUYGENS, daſs er selbstverständlich die Berührung allein nicht als das Bindemittel (gluten) für die Festigkeit der Körper betrachte, sondern letztere durch äuſseren Druck und noch einen andren Umstand (et par quelqu'autre chose) erkläre.

LEIBNIZ erörtert noch einmal in einer Antwort[1] seine Auffassung der Materie und bittet HUYGENS wiederholt, ihm seine Ansicht über die Atome klarzulegen,[2] aber HUYGENS hatte keine Zeit mehr darauf einzugehen. Der Tod rief ihn ab, ehe er die Gründe formulierte, die ihn an seiner Theorie der Materie festhalten lieſsen. Wir erfahren weder, welches jener „andre Umstand" sei, der auſser dem äuſsern Druck die Kohäsion bedinge, noch die Gründe, welche er publizieren wollte, um die Möglichkeit der Anwendung der Bewegungsgesetze auf die Atome zu beweisen. Ein unersetzlicher Verlust, wenn man bedenkt, daſs HUYGENS damit die kinetische Atomistik öffentlich mathematisch begründet hätte.

Was jenen „andren Umstand" betrifft, so dürfen wir vielleicht aus dem Briefe an PAPIN schlieſsen, daſs er damit die Gestalt der Atome gemeint habe; denn er nennt dort die ursprüngliche Festigkeit der Atome als den Umstand, welcher neben dem äuſsern Druck die Kohäsion erklären könne; diese Festigkeit kann aber mit dem Druck zusammen nur unter gewissen Voraussetzungen über die Atomgestalten die Kohäsion erklären. Über die Voraussetzungen, welche in dieser Hinsicht zu machen seien, war jedoch HUYGENS noch nicht mit sich einig, und darin mag der Grund liegen, daſs er sich so unbestimmt ausdrückte und die genauere Mitteilung verschob. Es spricht für diese Ansicht, daſs er eine Stelle im Briefe an LEIBNIZ vom 12. Januar 1693 unterdrückte, die sich in dem Konzept findet, das der Ausgabe von UYLENBROEK zu Grunde liegt.[3] Er hatte daselbst gesagt, daſs ihm bei der Annahme von Atomen am meisten Mühe der Umstand verursache, daſs er gezwungen sei, einem jeden eine Gestalt zuzuschreiben. „Und was wird die Ursache und die unendliche Verschiedenheit dieser Figuren sein? Aber

---

[1] $^{19}/_{20}$. März 1693. A. a. O. p. 155.
[2] $^{1}/_{11}$. Okt. 1693. A. a. O. p. 163. — $^{4}/_{14}$. Sept. 1694. A. a. O. p. 199.
[3] A. a. O. p. 151. Anm.

was ist die Ursache der verschiedenen Figuren des Meeressandes, die ich jedesmal bewundere, wenn ich ihn unter dem Mikroskop betrachte, da jedes Korn ein Kristallkiesel ist, das weder wächst noch abnimmt und so gewesen ist, durch wer weiſs wieviel Jahrhunderte? Der Schöpfer hat sie einmal so werden lassen, und ebenso bei den Atomen." Es stimmt ganz zu Huygens' Charakter, daſs er es vermied, sich über Gegenstände zu äuſsern, mit denen er bei sich selbst noch nicht völlig im klaren war, und so mag er es schlieſslich vorgezogen haben, Leibniz gegenüber die Frage nach den Atomgestalten noch nicht zu berühren. Ebensowenig wie für die Verschiedenheit der Geschwindigkeiten des Schwereäthers wuſste er für die Verschiedenheit der Atomgestalten eine mechanische Ursache anzugeben; und um nicht auf das Wunder der ursprünglichen Schöpfung zu rekurrieren, zog er es vor zu schweigen. Auch die Frage nach der Erklärung der Farben, die ihm Leibniz immer wieder stellt, hat er offenbar aus gleichem Grunde mit Stillschweigen übergangen; aber wir dürfen wohl annehmen, daſs er bereits einen Weg in allen diesen Fragen in Aussicht hatte und daſs er denselben uns vielleicht geführt hätte, wäre ihm nicht selbst der Weg des Lebens am 8. Juli 1695 abgeschnitten worden.

Von den verschiedenen feinen Materien oder Äthern, welche Huygens zu seiner Theorie der Materie brauchte, hat er nur zwei einer genaueren Untersuchung unterziehen können, den Lichtäther und das Gravitationsfluidum; die dritte Materie, welche er ausgesprochenermaſsen als Ursache der Kohäsion annimmt — man könnte sie den Kohäsionsäther nennen — hat er nicht behandelt. Die Geschichte der Physik ist über Huygens nicht hinausgekommen, was die mechanische Ursache der Erscheinungen betrifft. Sie hat die mechanische Theorie des Lichtes ausgebildet, diejenige der Gravitation dagegen noch nicht, und für diejenige der Kohäsion fehlen uns die Anfänge, die wir für die beiden ersteren wenigstens bei Huygens fanden. Die mechanischen Prinzipien wurden durch dynamische abgelöst.

2. Die Einführung der Prinzipien der Mechanik.

Angenommen, es wäre Huygens gelungen, in ähnlicher Weise wie über das Licht und die Schwere durch die Bewegung eines atomistischen Äthers über die Kohäsion Rechenschaft zu geben, so bleibt noch die Grundfrage aller kinetischen Atomistik zu erledigen: Wodurch ist die Bewegung der Atome gewährleistet? Die letzten Teile der Materie müssen unveränderlich und von absoluter Solidität sein; das ist durch Gassendi und Borelli festgestellt. Leibniz bekämpft diese Voraussetzung; wir finden bei ihm denselben Einwand, welcher noch in der Gegenwart immer wieder der Atomistik gemacht wird. Wenn es die von Huygens entdeckten Gesetze des Stoſses sind, welche die Bewegung der ursprünglichen harten Atome regeln, so müſsten diese Atome entweder selbst wieder elastisch sein, oder es müſste bei ihrem Zusammenstoſse alle relative Bewegung nach und nach verloren gehen. Das erstere ist nicht möglich, das letztere widerspricht dem Satze von der Erhaltung der lebendigen Kraft. Darum, sagt Leibniz und sagt man allgemein, sind absolut unveränderliche Atome ein Unding.

Huygens, der Entdecker der Stoſsgesetze, der Schöpfer der Undulationstheorie des Lichtes, der Begründer der Prinzipien der Mechanik, war anderer Ansicht. Er gab dieses Dilemma nicht zu. Allerdings sind die primitiven Atome absolut fest, allerdings besitzen sie keine Elasticität, und dennoch — daſs sie ihre Bewegung wie unelastische Körper verlieren, „das glaube ich keineswegs" — sagt Huygens — „aus Gründen, welche ich eines Tages publizieren werde". Ist dieser Tag erschienen? Oder sind uns diese Gründe für immer verborgen geblieben? Wenn es sich hier nicht um uns unbekannt gebliebene,[1] oder überhaupt nicht von Huygens fixierte Schriftstücke handelt, so glauben wir, daſs diese in Aussicht gestellte

[1] Die Publikation des vollständigen Briefwechsels Huygens' ist noch nicht beendet. Herr Prof. Bierens de Haan teilte mir auf eine Anfrage gütigst mit, daſs ihm über weitere Äuſserungen von Huygens in dieser Hinsicht vorläufig nichts bekannt sei.

Publikation vorliegt in den Beweisen zu seinen Stoſsgesetzen, welche erst nach seinem Tode erschienen.[1] Und es scheint uns kein Zweifel, daſs Huygens die Grundlegung der kinetischen Atomistik dadurch vollendet hat, daſs er zuerst die Bewegung der Atome nicht, wie es Leibniz für nötig hielt, von den Stoſsgesetzen abhängig machte, sondern dieselben gründete auf Prinzipien der Mechanik. Die Erhaltung der algebraischen Summe der Bewegungsgröſsen und die Erhaltung der Energie, das sind die beiden Prinzipien der Mechanik, welche als Grundsätze der physikalischen Erfahrung zu der Voraussetzung individuell unveränderlicher, substanzieller, als ganzes bewegter, diskontinuierlicher Raumteile — der Atome — hinzutreten, um die kinetische Atomistik zu begründen.[2] Und Huygens war es, welcher zeigte, daſs diese Prinzipien der Mechanik die Bedingungen sind zur Möglichkeit der Atomistik und daſs aus ihnen die Stoſsgesetze abgeleitet werden, nicht umgekehrt, daſs die Bewegung der Materie die Stoſsgesetze voraussetze. Huygens gründete seine Ableitung der Stoſsgesetze auf das Prinzip der Erhaltung der Kraft.

Als Hypothesen bezeichnet Huygens einige Sätze, welche er dem Beweise seiner Gesetze des Stoſses zu Grunde legt. Sie lauten:[3]

1. Ein Körper, einmal in Bewegung, beharrt, wenn kein Hindernis vorliegt, stets in Bewegung mit derselben Geschwindigkeit und in gerader Linie.
2. Was auch immer die Ursache sei, weshalb harte Körper, wenn sie sich treffen, von der wechselseitigen Berührung zurückspringen — wir nehmen an, daſs, wenn zwei gleiche Körper von gleicher Geschwindigkeit sich einander direkt begegnen, jeder mit derselben Geschwindigkeit zurückspringt, mit welcher er ankam. Sich direkt begegnen aber heiſst, daſs Bewegung und Berührung in der Verbindungsgeraden der Schwerpunkte beider Körper liegen.
3. Die Bewegung der Körper und die Gleichheit oder Ungleichheit der Geschwindigkeiten sind unter Berücksichtigung ihrer Beziehung auf andre Körper zu verstehen, welche gleichsam als ruhend betrachtet werden, obgleich vielleicht sowohl diese als jene an einer andren gemeinschaftlichen Bewegung teilnehmen. . . .

---

[1] *De motu corporum ex percussione*, in *Op. reliqua*, Tom. II. Amstel. 1728. (Zuerst 1703.)

[2] In physikalischer Hinsicht vgl. hierzu O. E. Meyer, *Kinet. Theor. d. Gase* S. 239, 240, 260.

[3] *De motu corp. Op. rel.* II. p. 75, 79, 80.

4. Wenn ein gröſserer auf einen kleineren ruhenden Körper stöſst, so wird er ihm etwas Bewegung mitteilen und demnach etwas von seiner Bewegung verlieren.

5. Wenn es vorkommt, daſs bei der Begegnung zweier harten Körper der eine die ganze Bewegung, die er besaſs, nach dem Stoſse bewahrt, so erleidet auch die Bewegung des andren weder eine Abnahme noch einen Zuwachs.

Aus diesen fünf Voraussetzungen leitet HUYGENS die Gesetze des Stoſses harter Körper ab. Er zeigt, daſs nicht die Erhaltung der Bewegungsgröſse im cartesischen Sinne sich ergibt, sondern die Erhaltung der algebraischen Summe der Bewegungsgröſsen unter Berücksichtigung der Richtung, wenn man die entgegengesetzten Richtungen durch Geschwindigkeiten mit entgegengesetztem Zeichen repräsentiert, oder, was dasselbe ist, daſs der Schwerpunkt des Systems sich erhält. Und er formuliert ausdrücklich den Satz von der Erhaltung der Energie (wenn auch ohne Einführung dieser Benennung) als *Propositio XI:* „Beim gegenseitigen Stoſse zweier Körper findet man die Summe aus den Produkten der Gröſse der einzelnen Körper in die Quadrate der Geschwindigkeiten vor und nach dem Stoſse gleich groſs".[1]

Die Voraussetzungen von HUYGENS sind also äquivalent diesen beiden Prinzipien der Mechanik, dem Satz von der Erhaltung des Schwerpunkts und von der Erhaltung der Energie. Wenn dieselben auch hier zunächst in der Form von Lehrsätzen erscheinen, so ist dies doch nur ein nebensächlicher Umstand der Formulierung. Das Wesentliche und Entscheidende in der That HUYGENS' ist, daſs er nicht von irgend welchen der sinnlichen Veranschaulichung entnommenen oder anthropomorphistisch gefärbten Vorstellungen ausging, sondern von mechanischen Thatsachen, die ihm als grundlegende Gesetze darum galten, weil sie notwendig und ausreichend sind, die Bewegungen der Körper eindeutig zu bestimmen, ihre

[1] A. a. O. p. 95. Duobus corporibus sibi mutuo occurentibus, id quod efficitur ducendo singulorum magnitudines in velocitatum suarum quadrata, simul additum, ante et post occursum corporum aequale invenitur; si videlicet et magnitudinum et velocitatum rationes in numeris lineisve ponantur. — Vgl. auch DÜHRING, *Gesch. d. Mech.* S. 167. — F. A. MÜLLER, *Probl. d. Cont.* S. 37 f.

Geschwindigkeiten und Richtungen zu berechnen, wenn diejenigen vor dem Stofse gegeben sind. Nicht weil die Körper elastisch sind, erhält sich ihre lebendige Kraft nach dem Stofse; sondern weil die Bewegung sich erhalten mufs, erfolgt der Stofs so, wie man ihn bei Körpern beobachtet, die wir elastische nennen. Aber die elastische Verschiebbarkeit der Teile, diese sinnliche Thatsache, ist nicht eine Bedingung der Stofsgesetze. Huygens nennt die Körper, von denen er handelt, nicht elastisch, sondern hart; und dies bedeutet keine sinnliche Eigenschaft, sondern den gassendischen Begriff der Solidität, die Eigenschaft der Substanz, ihren Raum unveränderlich zu behaupten (s. II S. 170 f.). Die Raumbehauptung individueller Substanzen und die Prinzipien der Mechanik sind daher durch Huygens zur Grundlage der Theorie der Materie gemacht, und aus ihnen folgen Gesetze für die Abänderung der Bewegung von Atomen. Dafs wir dieselben Gesetze beim sinnlichen Stofse elastischer Körper wiederfinden, ist dabei ganz nebensächlich. „Was auch die Ursache sein mag, dafs harte Körper nach dem Stofse zurückspringen, wir setzen die Thatsache voraus.“

Dafs aber Huygens die Berechtigung zu dieser Voraussetzung nicht aus dem sinnlichen Beispiel der elastischen Körper, sondern aus dem rationalen Bedürfnis gesicherter Naturerkenntnis ableitete, ergibt sich aus seiner ganzen Stellung zur Mechanik. Er erfafste dieselbe durchaus im Geiste Galileis. Dies gilt nicht nur von dem Inhalt seiner Arbeiten, worin er, wie Lagrange sagt, bestimmt zu sein schien, den gröfsten Teil der galileischen Entdeckungen zu vervollkommnen und zu vervollständigen, sondern auch von dem Charakter der prinzipiellen Gedanken, auf welchen seine Erfolge fufsten. Galilei hatte durch seine Fallgesetze festgestellt, dafs die Fallräume der Körper sich wie die Quadrate ihrer erlangten Geschwindigkeiten verhalten, und dafs ein Körper vermöge einer ihm erteilten Geschwindigkeit zu derselben Höhe aufzusteigen vermag, von welcher er herabfallen müfste, um diese Geschwindigkeit zu erlangen. In diesen beiden Sätzen liegt bereits der Satz von der Erhaltung der lebendigen Kraft, insofern das Mafs derselben proportional ist dem Quadrate der Geschwindigkeit, falls man die Arbeitsleistung als dieses Mafs ansieht. Huygens war sich über den Zusammenhang vollständig klar, in welchem

die Erhaltung der Summe der Produkte aus Masse und Quadrat der Geschwindigkeit beim Stofse mit jenen Gesetzen Galileis stand, und er bezieht sich ausdrücklich auf dieselben bei der Ableitung der Stofsgesetze.[1] Er überträgt nicht empirische Stofsgesetze der elastischen Körper auf die Atome, sondern die gesetzliche Mitteilung der Bewegung von Materie zu Materie überhaupt ist ihm eine Bedingung der Möglichkeit der Mechanik, und diese Bedingung will er in seinen „Hypothesen" formulieren. Als eine solche notwendige Voraussetzung führt er den Satz ein, dafs der Schwerpunkt eines zusammengesetzten Systems, welches um eine Axe pendelt, nicht höher aufsteigen kann, als er herabgefallen ist. Dieser Satz gilt ihm als äquivalent mit der Behauptung der Unmöglichkeit eines mechanischen *Perpetuum mobile*, und mit Hilfe jener Fallgesetze Galileis findet er daraus den mathematischen Ausdruck für die Mitteilung der Geschwindigkeiten von Körpern, welchen wir als den Satz von der Erhaltung der Energie bezeichnen. Wir durften daher mit Recht sagen, dafs die Stofsgesetze bei Huygens eine Folge aus dem Satz von der Erhaltung der Energie sind, und dafs er sich dieses Zusammenhangs bewufst war, weil er es als ein Prinzip der Mechanik einführte, dafs der Schwerpunkt des zusammengesetzten Pendels nicht höher aufsteigen kann, als er gefallen ist. Zur Einführung dieses Prinzips gab ihm die von Mersenne bereits 1646 gestellte Frage nach dem Oscillationscentrum Veranlassung; man versteht darunter bekanntlich denjenigen Punkt eines um eine Axe drehbaren schweren Körpers, dessen Entfernung von der Drehaxe gleich ist der Länge des mathematischen Pendels, das mit dem durch jenen Körper repräsentierten physischen Pendel gleiche Schwingungsdauer hat. Die einzelnen Phasen dieses Problems bei Descartes und Roberval gehören in die Geschichte der Mechanik. Für uns kommt nur der prinzipielle Ausgangspunkt in Betracht, von welchem Huygens zur richtigen Lösung gelangte, indem er fand, dafs der Abstand des Oscillationscentrums von der Drehaxe gleich ist der Summe der Produkte aus allen Massenteilchen in die Quadrate ihrer Entfernungen von der Drehaxe, dividiert durch die Summe der Produkte aller Massenteilchen

[1] *De motu corporum ex perc.* Prop. VII. p. 86.

in ihre einfachen Entfernungen von der Drehachse ($L = \Sigma mr^2 : \Sigma mr$). Damit ist das mechanische Problem auf ein rein mathematisches zurückgeführt. HUYGENS selbst bemerkt, dafs seine Voraussetzung[1] im Grunde nichts andres sagen wolle, als dafs die schweren Körper nicht nach oben fallen — *gravia sursum non ferri* —, was noch nie jemand geleugnet habe. Der Satz ist für den einzelnen schweren Punkt selbstverständlich und für ein starres System leicht beweisbar. Er ist auch, wie HUYGENS hinzufügt, für flüssige Körper anwendbar, bei denen er zum archimedischen Gesetze führt, sowie bei vielen andern mechanischen Problemen von Vorteil. „Und wahrlich, wenn sich die Fabrikanten neuerer Werke, welche eine perpetuelle Bewegung mit vergeblicher Mühe erzeugen wollen, sich jenes Satzes zu bedienen wüfsten, so würden sie leicht selbst ihre Irrtümer begreifen und einsehen, dafs eine solche auf mechanische Weise keineswegs möglich sei."[2]

Endlich ergibt sich aus einem Briefe HUYGENS' an LEIBNIZ direkt, dafs ihm der Satz von der Erhaltung der Kraft als äquivalent gilt mit der Unmöglichkeit eines *Perpetuum mobile*, und beide für ihn Ausgangspunkt, nicht Folge sind in Bezug auf die Sätze vom Stofs der Körper, indem er schreibt:

„In Sachen der Bewegung habe ich wohl einiges Neue und Paradoxe mitzuteilen, wie man sehen wird, wenn ich meine Beweise über die Stofsregeln veröffentlichen werde .... ich wende darin unter anderem diese *conservatio virium aequalium* und den Schlufs auf die perpetuelle Bewegung, d. h. auf das Unmögliche an, wodurch auch Sie die Regeln DESCARTES' widerlegen, die übrigens als durchaus falsch und ohne Grund aufgestellt erkannt sind und nicht die Mühe verdienten, die Sie sich gemacht haben."[3]

Die Parallele, in welche HUYGENS seinen Grundsatz, den er der Ableitung des Schwingungsmittelpunktes zu Grunde legt, und das Prinzip von der Erhaltung der lebendigen Kraft, woraus er die Stofsgesetze folgert, mit der Unmöglichkeit des Perpetuum mobile stellt, beweist nun aufs deutlichste, dafs

---

[1] Dieselbe lautet: *Horol. Oscill. Op. varia* Lugd. Bat. 1724. I p. 121: Si pondera, vi gravitatis suae, moveri incipiant, non posse centrum gravitatis ex ipsis compositae altius, quam ubi incipiente motu reperiebatur, ascendere. Die erste Veröffentlichung fällt ins Jahr 1673.

[2] A. a. O. p. 123.

[3] LEIBNIZ, *Math. Schr.* II p. 140, 141. Brief HUYGENS' vom 11. Juli 1692.

beide Sätze bei ihm der Ausfluſs eines allgemeinen Grundgedankens sind, der Mechanik überhaupt möglich machen soll, nämlich daſs eine gesetzmäſsige Veränderung der Geschwindigkeiten der in Wechselwirkung stehenden materiellen Teilchen bestehen muſs, für welche der mathematische Ausdruck zu finden ist. Es ergibt sich aber aus seiner mechanischen Theorie der Gravitation und dem streng kinetischen Charakter seiner Theorie der Materie, daſs er hierbei niemals an eine Veränderung der Energie in dem Sinne gedacht hat, in welchem die moderne Physik unter Zugrundelegung von Centralkräften von einem Übergang kinetischer in potentielle Energie und umgekehrt zu sprechen pflegt. Das Prinzip, daſs die Steighöhe des Pendels gleich seiner Fallhöhe ist, bedeutet bei HUYGENS nur den abgekürzten Ausdruck für eine Übertragung kinetischer Energie der Atome des Gravitationsfluidums an das fallende Pendel, und wiederum des steigenden Pendels an die ersteren; immer aber ist die lebendige Kraft aktuell in der Materie vorhanden, nur an verschiedenen Teilen der Materie in verschiedenen Teilen des Raumes. Die Einführung jenes Grundsatzes kann also gegenüber der Äthertheorie nichts gegen die rein kinetische Grundlage der HUYGENSschen Mechanik beweisen; aber allerdings bleibt die Voraussetzung der unveränderlichen diskreten Atome dabei eine unerläſsliche, ohne welche Wechselwirkung in der Materie nicht möglich wäre. Die Wechselwirkung gründet sich bei HUYGENS auf die Übertragung lebendiger Kraft von materiellen Teilchen auf andre materielle Teilchen. Die gesamte Energie des Weltalls erhält sich aktuell in der Materie, aber sie verändert ihre räumliche Verteilung. Es gibt einen Übergang von Energie von Raumteil zu Raumteil. Dies ist der Grundsatz, welcher die Erhaltung der Energie und die Erhaltung der Substanz verbindet, als das Prinzip der kontinuierlichen Veränderung der Verteilung der Geschwindigkeiten an die einzelnen Atome. Bewegte Atome allein können keine Wechselwirkung üben, wenn nur der Grundsatz von der Erhaltung der Substanz gilt; ebensowenig kann es eine Wechselwirkung geben, wenn die Teile der sinnlichen Körper immer dieselbe Summe kinetischer Energie besitzen müſsten; sondern damit Wechselwirkung möglich sei, muſs es Ätheratome geben,

welche die Energie der sinnlichen Körper aufnehmen und an andre Stellen des Raumes übertragen; sie stellen das grofse Reservoir der Energie dar, aus welchem dieselbe den Körpern wieder zufliefst. Das hat HUYGENS ausdrücklich anerkannt, wenn er hervorhebt, dafs die Annahme ätherischer Fluiden notwendig ist, um das plötzliche Auftreten von Energie bei Auslösungserscheinungen zu erklären,[1] und diese Übertragung kinetischer Energie an den Äther und zurück an die Körper bedingt die Erscheinungen der Gravitation. Es mufs also nochmals betont werden — denn es hängt davon das Verständnis der erkenntniskritischen Fundierung der Physik überhaupt ab, — die Gravitation ist nicht begründet auf die Stofsgesetze der Atome und diese sind nicht begründet auf die Elasticität der letzteren, sondern sie ist begründet auf einen gesetzlichen Austausch von Geschwindigkeit unter den Atomen; und von diesem Grundsatz der Variabilität der Geschwindigkeiten leiten sich die Gesetze des Stofses und die Elasticität der Körper als Lehrsätze der Physik ebenso ab wie die Fallgesetze.[2] Jener Austausch von Geschwindigkeiten aber ist mathematisch definiert durch die Prinzipien der Mechanik, dafs Σmv und Σmv^2 konstante Gröfsen sind. Was dabei an den Atomen vor sich geht, wenn dieselben zusammentreffen, ist eine als unstatthaft überhaupt abzuweisende Frage. Denn sie setzt voraus eine sinnliche Anschauung von den Atomen; sie schreibt sich daher, dafs die Atome vorgestellt werden als kleine, harte Körper, die zusammenprallen, wie wir es an den sinnlichen Körpern bemerken. Das aber eben ist der Fortschritt, durch den HUYGENS die Korpuskulartheorie zur Wissenschaft gemacht hat, dafs er diese sinnliche Vorstellung überwindet und durch rationale, und zwar mathematisch formulierte Begriffe ersetzt. Das absolute Atom und die Gesamtheit der bewegten Atome sind begriffliche Gebilde; ihr Zusammentreffen im Raume bedeutet nicht mehr den Anthropomorphismus des Stofsens, sondern die geometrische Bestimmung des Orts zu gegebener Zeit; und ihr Verhalten nach dem sogenannten Stofs wird nicht geschlossen nach Analogie des Zurückprallens sinnlicher Körper, sondern bestimmt durch die mathematische

---

[1] *De grav.* p. 109. Vgl. oben S. 344. — [2] Vgl. II S. 175.

Formel, welche die Verteilung der Geschwindigkeiten reguliert. So lange man darüber grübelt, was wohl eintreten müſste, wenn unveränderliche Körper sich treffen, indem man dabei die Analogie der sinnlichen Körper zu Rate zieht, so lange bewegt man sich in vollständig unfruchtbaren Spekulationen. Denn nachdem man durch Abstraktion von den sinnlichen Eigenschaften glücklich den Begriff der bewegten, absolut unveränderlichen Atome erzeugt hat, versetzt man sich wieder mit dem ganzen Apparat der sinnlichen Vorstellung in die Atome hinein, um zu sehen, was denn nun beim Stoſse passieren könnte. Wenn aber einmal die Bedingungen der zusammengesetzten sinnlichen Körperwelt aufgehoben sind, kann man natürlich keine verbindlichen Folgerungen mehr daraus ziehen. Es wird dann jede Annahme zulässig, weil die Eigenschaften der Atome unter der Hand wieder ihre begriffliche Fixierung verlieren und als Steigerungen der sinnlichen Eigenschaften ins Unendliche oder Absolute vorgestellt werden. Jeder solche Grenzübergang aber führt ins Unbestimmte. Was ist Elasticität? Die Aufhebung der Deformation. Die Unzusammendrückbarkeit der Atome kann als Grenzfall der vollkommenen Elasticität wie der vollkommenen Unelasticität aufgefaſst werden. Denn man kann sagen, die Unzusammendrückbarkeit ist eine unendlichkleine Zusammendrückbarkeit mit unendlichgroſser elastischer Kraft, d. h. eine unendlichkleine Deformation mit instantaner Aufhebung derselben; man kann aber auch sagen, die Unzusammendrückbarkeit ist absolute Nichtelasticität, weil keine Verschiebung der Teile möglich ist. Im ersteren Falle würden die Atome zurückspringen und ihre Energie behalten, im letzteren nicht. Hier ist also kein Weg, zu einer Bestimmung über den gesetzlichen Verlauf der Wechselwirkung zu kommen, und diese ganze Vorstellungsweise, mechanische Prinzipien zu veranschaulichen, muſs verworfen werden. Es gibt nur einen Weg, Physik zu konstituieren; nämlich durch Prinzipien, welche die Veränderung der Bewegung gesetzlich feststellen. Diesen Weg hat HUYGENS eröffnet durch die Aufstellung des Satzes von der Erhaltung der lebendigen Kraft als des mathematischen Ausdruckes für die Regulierung der Geschwindigkeiten der Atome. Er hat damit die Konsequenz aus GALILEIS Auffassung der Bewegung gezogen und der

Korpuskulartheorie ihren Abschlufs gegeben, indem er die sinnliche Thatsache der Wechselwirkung der Körper in einem mechanischen Prinzip objektivierte.

3. Huygens als Höhepunkt der kinetischen Atomistik.

A. Die Begründung der Wechselwirkung substanzieller Atome durch das Energiegesetz.

Die Objektivierung der Empfindung zur gesetzlich bewegten Atomwelt vollzieht sich in der Entwickelung, welche bezeichnet ist durch die drei Namen: Gassendi, Galilei, Huygens. Gassendi objektivierte die sinnliche Thatsache der Empfindung als Raumerfüllung in der Einheit des demokritischen Atoms von konstanter Raumgröfse; Galilei objektivierte die sinnliche Thatsache der Empfindung als qualitative Zeiterfüllung in dem Begriff der Bewegung als intensive Realität; Huygens objektivierte die sinnliche Thatsache der Veränderung der Körper in den Prinzipien der Mechanik als die kontinuierliche kausale Wechselwirkung. Das ist selbstverständlich nicht so zu verstehen, als ob einer der Grundsätze der Quantität, der Qualität und der Relation für sich zur wissenschaftlichen Darstellung der Empfindungskomplexe in Gestalt der Mechanik ausgereicht hätte, sondern erst in ihrem Zusammen vermögen sie die Objektivierung der Empfindung zu liefern; aber die analysierende Abstraktion der erkenntniskritischen Untersuchung entdeckt durch diese Trennung in die Grundsätze der Quantität, Qualität und Relation diejenigen Denkmittel in der Geistesarbeit des Jahrhunderts, zu deren Ausbildung die genannten Männer am wesentlichsten beigetragen haben.

Nunmehr vermögen wir die abschliefsende Stellung zu überblicken, welche Huygens in der Entwickelung der Korpuskulartheorie einnimmt, indem er derselben den Wert einer wissenschaftlichen kinetischen Atomistik verleiht. Bei ihm ist die Wechselwirkung der Atome zum ersten Male durch mathematische Begriffe fundiert und Galileis Denkmittel der Variabilität zur Objektivierung der Erscheinungen benutzt, ohne die kinetisch-atomistische Grundlage anzutasten, welche zur Lösung des Körperproblems unentbehrlich ist.

Wir hatten bei GASSENDI gesehen, dafs es demselben ebensowenig wie der antiken Atomistik gelungen war, die Wechselwirkung der Atome zu begründen. Auch BORELLI, obwohl seine physikalische Theorie bedeutende Fortschritte zeigt, vermochte weder zur mathematischen Formulierung der Verteilung der Geschwindigkeiten der Atome noch zu einer empirisch verwertbaren Theorie zu kommen; denn wenn er auch mit Hilfe komplizierter Atomgestalten über verschiedene Phänomene Rechenschaft zu geben versucht, so bleibt doch das letzte Übertragungsmittel der Bewegung der Stofs der starren Ätheratome, und die Schwierigkeiten, welche hierin liegen, konnte er so wenig wie GASSENDI überwinden. Wir hatten gefunden, dafs bei diesen Denkern ebenso wie bei DESCARTES die kinetische Atomistik daran scheiterte, dafs sie den von GALILEI geschaffenen Bewegungsbegriff nicht zu benutzen wufsten, um die Realität der Bewegung mit der Erhaltung der Substanz zu einer gesetzlichen Wechselwirkung zu vereinen. Eine kausale Verbindung zwischen den individuellen Substanzen bedarf der Kontinuität der Veränderung in der Körperwelt. Diese Kontinuität liegt nicht in den bewegten Atomen, sie liegt auch dann nicht darin, wenn Stofsregeln über dieselben aufgestellt werden, weil diese Stofsregeln selbst der Begründung entbehren. Vielmehr können die Stofsgesetze nur abgeleitet werden, wenn ihnen ein Prinzip der Mechanik als Bedingung gesetzlicher Veränderung zugrunde gelegt wird. Es handelt sich also darum, die Übertragung der Bewegung durch das Denkmittel der Variabilität zu begreifen.

GALILEI hatte die Objektivierung der Empfindung ermöglicht, indem er die intensive Realität im Zeitmoment als das Charakteristische der Bewegung entdeckte. Dadurch war die Veränderung begrifflich gemacht, indem im Zeitmoment das Gesetz eines Bewegungsverlaufs gedacht wird, also das Kontinuum des Geschehens mit der Abstraktion von der Extension nicht fortfällt. Aber er hatte diese Anwendung des Denkmittels der Variabilität auf eine Abstraktion eingeschränkt, indem er nur die Bewegung eines einzelnen und einfachen Körpers betrachtete. Bei dem fallenden Stein oder Massenpunkt ist in jedem Zeitmoment der Verlauf der Bewegung als einer gesetzmäfsigen definiert; die Tendenz der Fortsetzung der Be-

wegung ist sichergestellt, aber nur für diesen einzelnen Körper; die Bewegung trägt das Gesetz ihrer Veränderung in sich selbst. Das war gewiſs eine notwendige und fruchtbare Stufe in der Entwickelung jener Denkweise; aber sie bedurfte zur Vollendung der Theorie der Materie einer Ausdehnung von der Bewegung des Einzelkörpers auf die Gesamtheit der Körper, welche sich als Sinnenwelt darstellen; die Realität der Bewegung muſs auf die Wechselwirkung übertragen werden. Galilei fragte nicht nach der Ursache der Gravitation, sie ist ihm in der Beschleunigung realisiert, und mehr bedurfte er auch nicht, da er nur den Fall des einzelnen Körpers untersuchte.

Nun ist aber durch Gassendi, Borelli und Huygens festgestellt, daſs die individuellen und substanziellen Atome das Substrat der Bewegung sind, und die Physik erfordert die Gesetzlichkeit der Bewegung derselben als einer gemeinsamen. Hier ist die Frage nach der Ursache der Gravitation, wie überhaupt nach der Bewegungsursache eines bestimmten Körpers, nicht mehr abzuweisen. Die Veränderung der Bewegung haftet jetzt nicht an dem Einzelkörper, und das Bewegungsgesetz kann daher nicht isoliert für diesen als selbständige Realität betrachtet werden, sondern die Veränderung der Bewegung bezieht sich auf sämtliche Teile eines nicht mehr starren Systems, sie besteht nunmehr darin, daſs die verschiedenen Teile verschiedene Geschwindigkeiten annehmen, ihr Gesetz muſs also eine selbständige Realität nicht für den Einzelkörper, sondern für ein Atomsystem werden und die Bewegungen der einzelnen Teile untereinander regulieren. Das Denkmittel der Variabilität ist nicht auf die Veränderung der Geschwindigkeit eines Körpers, sondern auf die Verteilung der Geschwindigkeiten in einer Gruppe von Körpern anzuwenden. Das ist die Vollendung des Galileischen Denkens, welche Huygens vollzieht, indem er dasselbe Prinzip einer gesetzlichen Veränderung der Geschwindigkeit bei der Verteilung derselben von Raumteil zu Raumteil zugrunde legt, und dadurch den Schwingungsmittelpunkt des physischen Pendels und die Stoſsgesetze zu entdecken vermag. Sobald die am Fallgesetz entdeckte Bewegungsrealität auf die gegenseitige Bewegung zweier oder mehrerer Körper ausgedehnt wird, erzeugt dieselbe den Satz

von der Erhaltung der Energie, aber in dem weiteren Sinne, daſs er in Verbindung mit den übrigen Prinzipien der Mechanik zugleich den Übergang der Energie definiert. Dies ist der innere Zusammenhang des Energieprinzips mit dem Begriff der Beschleunigung, der Entdeckungen von Huygens mit denen Galileis.

Weil aber beim Galileischen Fall eines Körpers nur dieser eine Körper betrachtet wird, tritt die Kontinuität der Bewegungsänderung deutlich erkennbar hervor; bei der Untersuchung der Verteilung der Geschwindigkeiten auf zwei Körper eines Systems sind jedoch die Körper als diskontinuierlich im Raume gegeben, und deswegen scheint es, als sei hier die Kontinuität der Bewegungsänderung gestört, als fände beim Zusammenstoſs zweier harten Atome eine Unterbrechung des kontinuierlichen Geschehens statt. Deshalb hat man sich so häufig gegen die kinetische Atomistik erklärt. Die Diskontinuität liegt jedoch nicht in der Bewegung; das ergibt sich, sobald man sich klar macht, daſs die Verteilung der Geschwindigkeiten ebenso wie die Veränderung der Geschwindigkeit des Einzelkörpers auf demselben Denkmittel beruhen. Die Diskontinuität liegt nur in dem Substrat der Bewegung; sie hindert aber nicht die Kontinuität des Geschehens, und nur darauf kommt es an.

Die individuellen Substanzen der unveränderlichen Atome sind notwendig, um eine Bewegung den Raumteilen zu prädicieren, so daſs Einheit der bewegten Teile vorhanden ist. Denn weder die Ausdehnung noch die Gleichheit der Bewegung reicht dazu aus, weil ohne den Substanzbegriff niemals etwas da ist, wovon die Bewegung ausgesagt werden kann. Da nun die Vielheit bewegter Substanzen im Raum für die Physik unerläſslich ist, muſs die Verbindung derselben durch ein besonderes Denkmittel der Relation gesichert sein, nämlich durch die kausale Wechselwirkung. Diese wird von niemand bezweifelt und selbstverständlich auch von der Fluiditätstheorie vorausgesetzt, da ja auch hier eine Vielheit der Bewegungen der Raumteile unerläſslich ist, nur daſs die Raumteile in jedem einzelnen Falle als Volumenelemente mit verschiedenen Geschwindigkeiten gedacht werden. Deshalb ist hier eine kontinuierliche Änderung der Geschwindigkeiten von Raumelement zu

Raumelement leicht konstruierbar. Dafs dies in der Atomistik nicht am Tage liegt, wird ihr als tötlicher Defekt angerechnet.

Aber dieser Vorwurf beruht nur auf dem alten Fehler, die sinnliche Anschauung in die Bewegung der rationalen Gebilde, die wir Atome nennen, wieder hineinzutragen. In jedem Falle handelt es sich jedoch um die Feststellung des Gesetzes. Wechselwirkung zwischen Substanzen im Raum ist überhaupt nicht sinnlich vorstellbar, sondern ein transcendentaler Grundsatz der Erfahrung. Um indessen denselben mit dem Begriff der Gröfse zu verbinden und die kausale Veränderung mathematisch darstellbar zu machen, um also Naturwissenschaft zu ermöglichen, dazu eben dient das Denkmittel der Variabilität, und das gilt für die Gemeinschaft der Atome ebenso wie für die Bewegung eines Körpers oder die Richtungsänderung einer Linie. Sucht man sich zwei Atome im Moment ihres Zusammenstofses vorzustellen, so verfährt man gerade so, als wenn man sich den fliegenden Pfeil in einem Punkte seiner Bahn vorzustellen sucht. Man greift diesen Moment aus dem Kontinuum heraus, man löst ihn von der Gesamtheit des Geschehens, von dem Nacheinander der Zeit und dem Zusammenhange der Kausalität; daher erhält man natürlich Ruhe, Diskontinuität und Unbestimmtheit. Aber das Unzulässige dieser Abstraktion wird im Denkmittel der Variabilität aufgehoben. Wie die Richtung einer Kurve noch im einzelnen Punkte durch das Verhältnis des Differenzials der Ordinate zu dem der Abscisse definiert ist, wie die Geschwindigkeit eines bewegten Punktes noch im Zeitmoment als $ds:dt$ festgehalten wird, so ist auch der Übergang der Geschwindigkeiten, von einem Atom zum andren, der kontinuierliche Austausch von Energie zwischen den Teilen eines Systems eindeutig festgestellt durch Prinzipien der Mechanik selbst in demjenigen Zeitmoment, den man als den Augenblick des Zusammenstofses bezeichnet. Der Moment des Zusammentreffens ist ein Element der Zeitreihe, welchen man nicht aus derselben lösen darf, ohne den Naturzusammenhang zu zerstören, so gut wie man nicht einen Moment der Zeit aus der Bewegung lösen darf, ohne diese aufzuheben. Und das Denkmittel der Variabilität lehrt hier, in diesem Moment das Gesetz der Veränderung zu fixieren, ohne es aus dem Kontinuum zu heben, der Veränderung der Geschwin-

digkeitsverteilung Gröfse zu geben, indem die Gesamttendenz des Energiewechsels mitgedacht wird. Innerhalb eines kontinuierlichen Mittels ist die theoretische Mechanik bei der Anwendung der Differenzialrechnung längst gewöhnt, diese Denkart zu üben; aber es thut gar nichts zur Sache, ob die Geschwindigkeitsübertragung in einem kontinuierlichen oder in einem diskontinuierlichen Mittel stattfindet. Denn die Kontinuität hängt an der Veränderung der Bewegung, nicht an der Form des Substrats; sie ist durch das rationale Gesetz gewährleistet, und neben diesem noch die Anschauung in ihren Momenten zu verfolgen, ist gänzlich unnütz. Ja letzteres ist ein durchaus vergebliches und störendes Bemühen. Es ist ebensowenig vorstellbar, wie ein Atom aus seiner Richtung in die entgegengesetzte übergehen soll, als wie ein Volumenelement einem benachbarten einen Geschwindigkeitsgrad übertragen, oder etwa eine Kraft ein materielles Teilchen „ergreifen“ soll. Das alles sind Anthropomorphismen, die wir überwinden müssen. Alle diese Veränderungen leiten ihr Recht als Mittel der physikalischen Erkenntnis nur aus dem Gedanken ab, dafs die Wechselwirkung der Körper als eine kontinuierliche Veränderung durch ein Gesetz des Verstandes verbürgt ist, aber wir haben kein Recht und keine Möglichkeit, eine einzelne Phase in diesem Geschehen herauszugreifen, es sei denn unter gleichzeitigem Mitdenken ihrer Bedingung und Folge. Die Welt ist nicht weniger kontinuierlich, weil sie aus Atomen besteht, wenn nur das Weltgeschehen kontinuierlich ist, wenn nur die kausale Abhängigkeit der Atomkombinationen, wie sie zeitlich verlaufen, denkbar und gesetzlich darstellbar ist.

Sollte aber jemand hierauf mit der Frage entgegnen, warum wir, wenn der Stofs doch nicht anschaulich zu machen ist, überhaupt unveränderliche Atome festhalten, so haben wir die Antwort schon anderweitig gegeben. (Vgl. I S. 384 ff. — II S. 52, 100, 239.) Eine plastische Materie, ins Unendliche flüssig, widerstreitet dem Substanzbegriff und hat sich für die Physik als unbrauchbar erwiesen, sobald sie über die Dynamik homogener Systeme hinausgehen will; wir haben vielmehr gesehen, wie jede Fluiditätstheorie zur Atomistik zurückstrebt. Einheitlich bewegte Teile des Raumes müssen immer konstruiert werden, und etwas andres sollen die Atome

nicht sein. Die Atome sind nicht, wie das „Einfache", das Erzeugnis einer Idee, sondern die Kategorie der Substanz gibt ihnen Unveränderlichkeit und Dauer. Ihr Begriff ist nicht regulativ, sondern konstitutiv. Das Denkmittel der Variabilität aber bewirkt, daſs die einheitliche Raumgröſse, deren Identität der Substanzbegriff verbürgt, ihre Realität als Individuum, welche ihm der Grundsatz der intensiven Gröſse verleiht, und die Wechselwirkung mit seinesgleichen in jedem Zeitmoment behält, so daſs die Kontinuität des Weltgeschehens dadurch gesichert ist, daſs das Gesetz desselben, welches das Verhalten des Individuums wie der Gesamtheit bestimmt, mit der Substanz desselben in unauflöslichem Begriffe verbunden ist. Hierdurch erst ist die Verbindung der Substanz mit der Kausalität geleistet. Das Denkmittel der Variabilität, welches auf der Grundeigenschaft des Bewuſstseins „Kontinuität" beruht, macht es möglich, das Atom im einzelnen Moment sowohl als ein bewegtes, mit Energie begabtes, als auch die Lageveränderung andrer Atome bedingendes aufzufassen. Die Gesamtverschiebung der Weltenergie ist kontinuierlich. Damit sind die Bedingungen zur Objektivierung der Empfindung vollständig.

Hiermit ist die Aufgabe gelöst, welche wir bei Gelegenheit des rationalen Realismus ERIGENAS vorgreifend skizzierten (s. I S. 56) als Bedingung der Vollendung des Denkprozesses, welcher sich in der Entwickelung der modernen Naturwissenschaft offenbart: die Verbindung von Substanzialität und Kausalität durch ein Denkmittel, welches die Sinnlichkeit zu objektiver Realität im Begriffe erhebt. Die Realität bezieht sich nicht mehr allein auf die Allgemeinbegriffe, wovon aus es keine Bestimmung des Einzelnen gibt, noch allein auf die Atome, deren Zusammenhang nicht aufweisbar ist, sondern auf die Veränderung, und erst damit ist der physische Körper konstituiert. Die Veränderung der Körperwelt, wie sie in der sinnlichen Erfahrung gegeben ist, hat ihre Darstellung als Gröſse erhalten und ist damit aus dem subjektiven Erlebnis zum objektiven Faktum, zum Gegenstand der Wissenschaft erhoben. Sie ist mathematisch darstellbar als Lageveränderung der Atome; aber diese ist nicht mehr bloſs phoronomische Verschiebung, sondern sie ist zugleich bestimmt als intensive Gröſse, nämlich als Energie,

und diese selbst ist nicht gedacht als beharrende Substanz, sondern ihre Realität besteht in dem Gesetze ihrer Veränderlichkeit im Raume. Jede Atomkonstellation hat ihren Sinn nur dadurch, dafs sie Bedingung ist einer bestimmten andren Konstellation im folgenden Zeitmoment. Der Ausdruck dafür sind die Prinzipien der Mechanik; sie vollziehen die Objektivierung der Empfindung. Indem sie die Verteilung der Energie regulieren, lehren sie die Veränderung der Empfindung durch Gröfsen angeben und schaffen dadurch mathematische Naturwissenschaft als Wissenschaft von der Empfindung. Die Kausalerklärung des Wechsels der Empfindungsinhalte ist ermöglicht; und dieser Anpassungsprozefs des Denkmittels der Kausalität an dasjenige der Substanzialität durch den Begriff der Variabilität ist identisch mit der Entwickelung des modernen Denkens.

Alle Einwände gegen die kinetische Atomistik müssen nunmehr verstummen gegenüber den Grundlagen, welche Huygens derselben gegeben hat. Er hat gezeigt, dafs die Starrheit der festen Körper, die Kohäsion, nicht ohne Voraussetzung unveränderlicher Atome erklärt werden kann. Er hat aus der Gleichheit der Wirkung der Atome unter Voraussetzung ihrer gleichen Geschwindigkeit auf die Gleichheit der Gröfse geschlossen; damit hat er den Begriff der Masse als Gröfse konstituiert, welche sich aus der Wirkung bestimmt. Er hat die Wechselwirkung der Atome im Satz von der Erhaltung der Kraft mathematisch formuliert. Er hat endlich damit zugleich die Wandlung der Energie durch gesetzliche Feststellung als den Gegenstand der Physik möglich gemacht und der Erkenntnis unterworfen, und zwar nicht durch ein Zurückgreifen auf die scholastischen Begriffe der Actualität und Potenzialität, sondern rein mechanisch durch ihre Verteilung auf verschiedene Raumstellen, indem er verschiedene Ordnungen von Atomen, die Ätheratome, einführte, in denen die Energie sich aufspeichert und von denen sie den Körperatomen wieder zufliefst. Somit vereinigen sich in seinem Gedankengange alle die Begriffe, deren die Physik als Grundlage ihrer Erklärungen bedarf.

Aus diesem Faktum der Wissenschaft zieht die Erkenntniskritik ihre Folgerungen über die Denkmittel, welche der Konstituierung des Körperbegriffes zugrunde liegen und sie

bedingen. Sie findet darin die Grundsätze der extensiven und intensiven Gröfse, der Substanzialität, Kausalität und Wechselwirkung, und ihre Vereinigung durch den Grundsatz der Kontinuität oder Variabilität, dafs jeder Zustand seine Realität besitzt durch den Begriff, welcher ihn als Moment einer kontinuierlichen Entwickelungsreihe definiert. Die Entwickelung des Körperproblems vom Mittelalter bis Huygens hat sich als ein geeignetes Material erwiesen, um daran die Denkweisen zu studieren, auf welchen die mechanische Naturwissenschaft beruht, und aus diesen die transcendentalen Bedingungen kennen zu lernen für die Möglichkeit einer objektiven Natur. Die Entdeckung der Prinzipien der Mechanik ist die empirische Thatsache, auf welche der kritische Idealismus sich stützen konnte, um die Gedanken Demokrits und Platons zu vereinen und die Möglichkeit der Naturwissenschaft zu begreifen.

B. Die moderne Energetik und die kinetische Atomistik.

Man darf behaupten, dafs die erkenntniskritischen Grundlagen der Physik bei Huygens vollständig sind, und dafs die weitere Entwickelung der Physik ihnen in prinzipieller Hinsicht nichts hinzuzufügen vermochte. Diese Behauptung erscheint sehr kühn gegenüber der Thatsache der ungeheuern Erweiterung des mathematischen und physikalischen Wissens in der Gegenwart, welche neben der Ausdehnung der Analysis und der Empirie wesentlich auf der Einführung neuer Begriffe beruht, wie es die der Centralkräfte, der potenziellen Energie, des Potenzials, der Entropie, der Stromintensität u. s. w. sind. Aber wir sprechen von den fundamentalen Prinzipien und Denkmitteln, nicht von den Formen, welche dieselben in der Anwendung auf die Fülle der empirischen Thatsachen annehmen. Vielmehr zeigt gerade das moderne Bestreben, welches seit R. Mayers und Helmholtzs Arbeiten über den Satz von der Erhaltung der Kraft und die dadurch gegebene Einsicht in die Einheit der Naturkräfte hervortritt, die Mechanik von den Grundlagen Newtons zu befreien und in eine Energetik überzuführen, wie sehr in Huygens' Prinzipien der Kern aller heutigen physikalischen Erkenntnis gesichert ist.

Die Mannigfaltigkeit der sinnlichen Erscheinung ist so grofs, dafs es zu ihrer Objektivierung, d. h. zu ihrer Zurückführung auf die letzten einfachen Prinzipien der Atombewegung, einer gröfseren und mit dem Fortschritt der Empirie sich stets vermehrenden Anzahl von Hilfsbegriffen bedarf, welche zur Repräsentation der verschiedenen Formen dienen, unter denen Energie auftreten und sich wandeln kann. Für Huygens und die kinetische Atomistik des 17. Jahrhunderts war es ein Grundsatz alles physikalischen Erkennens, dafs sämtliche Naturkräfte, mochten sie sich als Kohäsion oder Schwere, als Wärme oder Licht, als Elektrizität oder Magnetismus, als Chemismus oder physiologische Thätigkeit zeigen, in nichts andrem als in der Mechanik der Atombewegungen gegründet waren; es unterlag auch gar keinem Zweifel, dafs jede dieser Kräfte in die andern überführbar war, nur blieb das Feld der Erfahrungen sehr beschränkt, in welchem ein derartiger Übergang sich nachweisen liefs. Was wir die Einheit der Naturkräfte nennen, existierte daher für die damalige kinetische Atomistik gar nicht als Problem in unsrem Sinne. Durch Huygens waren zwar einigen der physikalischen Phänomene besondere Ätherarten und besondere Bewegungen derselben zugeschrieben worden, aber sein mechanisches Grundprinzip von der Erhaltung der Energie galt allgemein; es lag offenbar auch der Mitteilung der Bewegung von Atomen des einen Äthers auf Atome des andren, oder auf die der Körpermolekeln zu Grunde, wie seine Betrachtungen über die Vorgänge im Kalkspat beweisen; aber er war noch nicht bis zu der Aufgabe vorgeschritten, diese Übergänge von Energieformen ineinander im einzelnen nachzuweisen oder mathematisch zu formulieren. Dafür befand sich eben die kinetische Theorie der Materie erst in ihren Anfängen. Die Aufgabe blieb noch zu lösen, den einzelnen besondern Bewegungen, welche als verschiedene Sinnesqualitäten uns entgegentreten, das adäquate mathematische Gesetz zu leihen.

Es zeigte sich nun, dafs es hierbei zunächst nicht möglich war, auf die letzten Bewegungen der Elementaratome zurückzugehen, sondern dafs man sich damit begnügen mufste, die beobachteten Bewegungen durch zusammenfassendere mathematische Formeln zu beschreiben. Das war ein wichtiger und notwendiger Schritt der mathematischen Physik, um die

Erscheinungen der Rechnung zu unterwerfen. Der glänzende Erfolg NEWTONS war hier entscheidend. Das Attraktionsgesetz bot für das Verhalten der materiellen Teilchen gegeneinander die einheitliche Formel, welche die beobachteten Thatsachen der kosmischen und irdischen Gravitation darzustellen gestattete, ohne dafs es notwendig war, auf die Bewegungen desjenigen Fluidums einzugehen, das die bei der Annäherung oder Entfernung der Körper auftretende oder verschwindende Energie lieferte oder aufnahm. Der Gedanke der Verteilung der Energie an verschiedene Teile der Materie in verschiedenen Räumen wurde ersetzt durch den analytischen Ausdruck der Bewegung, und dieser in der fernwirkenden konstanten Kraft hypostasiert. Die Erfindung der Differenzialrechnung ermöglichte nicht nur, sie erzeugte geradezu die Hypostasierung der Kraft, indem sie lehrte, kausale Beziehungen in Gestalt von Quantitäten darzustellen. Unter dem harten Ringen des europäischen Denkens mit den neuen Problemen der Erfahrung hatte der Geist des Mathematikers diejenige Vorstellungsweise gewonnen, welche das Fluten der Erscheinung, den lebendigen Empfindungsinhalt des Moments, an die Realität des Zahl- und Raumbegriffs zu fesseln vermag. Im Begriffe des Differenzials verlieh das Denken dem Flusse der sinnlich-räumlichen Wirklichkeit den substanzialen Halt, es schuf dem Moment die Realität, welche dem begrifflichen Sein mathematischer Bestimmungen zukommt, ohne ihm den sinnlichen Inhalt zu rauben. Der volle Empfindungsgehalt, welcher der Zeuge ist, dafs Wirkung geübt und erlitten wird, hatte seine Repräsentation im Gröfsenbegriffe gefunden, indem die Mathematik nicht blofs Beziehungen feststellte, welche, wie der Satz des PYTHAGORAS, die substanzielle Zusammengehörigkeit von Begriffen beschreiben, sondern kausale Relationen in die Form von Gröfsengleichungen brachte durch die Verbindung der Differenziale von Wegen und Zeiten. Dadurch ergab sich, nicht ohne eine gewisse innere Berechtigung, der Schein, als genüge die Infinitesimalrechnung allein, Sinnlichkeit zu objektivieren und Physik in der funktionalen Abhängigkeit intensiver Gröfsen zu begründen. Aber eben hieraus entsprang die Notwendigkeit, für die einzelnen Gebiete der Sinnesempfindungen besondere Arten von intensiven Gröfsen zu konsti-

tuieren und sie zum Zwecke der Möglichkeit mathematischer Darstellung als ebensoviel verschiedene Naturkräfte zu hypostasieren. Die Ausbildung der höheren Analysis durch die Bernoullis und ihre Vervollkommnung durch die französischen Mathematiker des 18. Jahrhunderts lieferte das Mittel, die Gesetze der Bewegung besonderer materieller Systeme festzustellen. Man legte für die einzelnen Gebiete der Physik eigne Hypothesen zu Grunde und bekam dadurch mathematische Theorien für die Erscheinungen derselben. Je mehr die mathematische Analysis fortschritt, gewann die analytische Form der Darstellung an Bedeutung und Interesse; damit wurden die Naturerscheinungen aber immer mehr voneinander als Wirkungsweisen besonderer Kräfte geschieden und ihr gemeinsamer Zusammenhang in der Bewegung der Atome und der Verteilung ihrer Energie geriet in Vergessenheit, weil man seiner zunächst nicht bedurfte. Es gab auch genug zu thun, in den gesonderten Gebieten der Physik die Vorgänge mechanisch darzustellen, und die Wechselwirkung dieser so konstruierten Naturkräfte brauchte noch nicht in Betracht gezogen zu werden, zumal der empirische Nachweis für eine quantitative Gesetzlichkeit in derselben noch fehlte.

Die Entdeckung des mechanischen Wärmeäquivalents in diesem Jahrhundert und der Nachweis der konstanten Beziehung zwischen kinetischer Energie und Wirkungsfähigkeit für alle Gebiete der Physik, die quantitative Vergleichung der Leistung der verschiedenen Naturkräfte brachte erst wieder den Energiebegriff in neue Aufnahme. Es ist vom gröfsten Interesse zu sehen, wie in den komplizierten Verhältnissen und den erweiterten Aufgaben der modernen Physik doch der prinzipielle Grundgedanke wieder ganz derselbe ist wie bei der Ableitung der Stofsgesetze durch Huygens: die gesetzliche Feststellung des Übergangs der Energie zwischen verschiedenen materiellen Systemen. Unter dem Einflusse der Vorstellung fernwirkender Kräfte entstand zunächst der Begriff der Energie der Lage oder der potenziellen Energie, ein notwendiger Begriff für die Newtonsche Physik, der daher schon bei Daniel Bernoulli sich findet. Denn wenn die Energie der Bewegung kein materielles Mittel besitzt, an welches sie abgegeben werden kann, so mufs der bei der Leistung von Arbeit auftretende Verlust

an kinetischer Energie in irgend einer andren Weise als Gröfse definiert werden, und dies eben geschieht im Begriff der Wirkungsfähigkeit oder potenziellen Energie. Der Name rührt von RANKINE her. Das Gesetz der Energiemitteilung erscheint dann in der Form, dafs die Summe von kinetischer und potenzieller Energie konstant bleibt. Nun ist aber nicht blofs die Atombewegung des Mittels unbekannt, welches den Vorratsspeicher für die Gravitationsenergie bildet, und dessen unbekannte Bewegung unter dem Begriff der potenziellen Energie quantitativ repräsentiert wird, sondern auch in den einzelnen Zweigen der Physik zeigen sich Wirkungen, die auf noch unbekannten Bewegungen der Teilchen der Körper oder des Äthers beruhen, in Wärme, Elektrizität u. s. w. Was von ihnen in die Erscheinung tritt, ist nur die Wechselwirkung der verschiedenen Naturkräfte untereinander, die Thatsache, dafs bestimmte Energiebeträge verschwinden, erscheinen und ausgetauscht werden, und dafs Wärmewirkungen, elektrodynamische Vorgänge etc. diesem Gröfsengesetz unterliegen. Es werden daher in Ermangelung der Kenntnis der mechanischen Grundlage dieser Vorgänge die Wechselbeziehungen als ein Übergang einer Energieform in eine andre aufgefafst, und es entsteht eine Reihe von solchen Energieformen, welche zu Repräsentationen bestimmter sinnlicher Veränderungen (Wärmezufuhr, Ausdehnung etc.) dienen, indem sie untereinander Gröfsenbeziehungen besitzen. Ohne dafs man weifs, welche Bewegung der Molekeln die Wärmewirkungen verursacht, welche Wechselwirkung unter den Atomen selbst bei den elektrischen Erscheinungen statthat, kann man die beobachtbaren sinnlichen Erscheinungen resp. ihre Veränderungen (wie dQ, TdS, $-pdv$, dE etc.) durch bestimmte analytische Zeichen ersetzen, welche eine Objektivierung derselben darstellen, weil sie die Wandlung der Erscheinungen ineinander durch Gröfsengleichungen ausdrücken. Als Beispiel sei an den von CLAUSIUS aufgestellten zweiten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie erinnert, bei welchem das Wärmeelement dQ als eine Gröfse unter Gröfsen auftritt, und ein neuer Begriff, derjenige der Entropie, lediglich analytisch definiert wird. Diese Objektivierung vollzieht das Energiegesetz auf Grund des Denkmittels der Variabilität. Es spricht aus,

welche Gleichung bestehen mufs, d. h. welches Gröfsengesetz den Übergang von Wärme in Arbeit und umgekehrt beherrscht, es reguliert den Wandel der Energieformen. Hierbei ist aber der Energiebetrag eines Körpers stets aufgefafst als die Tendenz der Veränderung enthaltend; die Gleichung zwischen den Differenzialen der verschiedenen Energieformen besteht nur durch das Denkmittel der Variabilität, welches in jedem Energiebetrage das Gesetz seiner Veränderung mitdenkt. Die Anwendung des Satzes von der Erhaltung der Energie auf die Wandlung der Form derselben beruht in der Physik auf der gleichzeitigen Berücksichtigung des Vorhandenseins von Kräften, welche diese Wandlung nach einer bestimmten Richtung hin bedingen. In der modernen Energetik besteht das Energieprinzip in einer quantitativen Relation intensiver Gröfsen, von denen die eine, welche Helm die Intensitätsfunktion nennt, die Tendenz der Veränderung, eine zweite, die Quantitätsfunktion, das konstante Element des Gröfsenkomplexes bestimmt (vgl. II S. 108). So ist bei der Ausdehnung eines elastischen Körpers der Druck, bei einer mechanischen Bewegung die Geschwindigkeit, bei einer Wärmeveränderung die Temperatur diejenige Gröfse, welche die Richtung des Energieüberganges bestimmt, während Volumen, Masse, Entropie Gröfsen darstellen, deren konstante Erhaltung die Einheit des Vorganges definiert. Jene den Übergang bestimmenden Gröfsen sind ursprünglich aus der sinnlichen Erfahrung der Empfindungsänderung entnommen.[1] Wird diese Übergangstendenz von der sinnlichen

---

[1] Dafs das Energiegesetz in der modernen Physik seine Bedeutung als Gesetz von der Umwandlung der Energie oder von der „Eigenenergie“ besitzt, hat Helm (*Lehre v. d. Energie*) überzeugend nachgewiesen. Vgl. namentlich S. 58, 59: „In der That sind überall, wo das Energiegesetz zur Erweiterung unsrer Kenntnisse über die elementaren Vorgänge beigetragen hat, noch andre Gesetze im Spiel gewesen, welche die Tendenzvorstellungen in sich schliefsen. Bei den Begründern des Energiegesetzes und in den ersten thermodynamischen Anwendungen ist entweder die Beschaffenheit der Gase herangezogen worden, und dabei messen Druck und Temperatur die Übergangstendenzen, oder das Entropiegesetz wurde zu Hilfe genommen, und damit die Tendenz der Wärme durch die Temperatur gemessen. Bei allen in das Gebiet der Mechanik eingreifenden Anwendungen des Energiegesetzes werden geradezu die Vorstellungen von Kraft und Druck benutzt, und es wird stillschweigend als selbstverständlich erachtet, dafs die Umformung von potenzieller und kine-

Vorstellung ganz abgelöst und als Gröſse in das Energiegesetz mit aufgenommen, so erhält dasselbe erst seine reine Form als ein Gesetz, welches die Verwandlung der Energie von einer Form in die andre darstellt, und dadurch seine Anwendbarkeit als Fundamentalgesetz. Die Energieformen bedeuten dabei nur den quantitativen Ausdruck sinnlich verschiedener Empfindungsänderung, und ihre Einführung bietet den Vorteil, diese zu objektivieren, ohne bis auf die elementaren Bewegungen zurückzugreifen. Diese technische Ausdehnung des Energiegesetzes, welche durch die Vervollkommnung der Analyse und die gewaltige Erweiterung der Messung und Beobachtung möglich wurde, ist der eminente Fortschritt der modernen Physik. Aber im Prinzip enthält derselbe keinen neuen Gedanken, sondern nur die Erweiteruug und Klärung dessen, was HUYGENS an den speziell mechanischen Vorgängen nachgewiesen hatte. Das Denkmittel der modernen Energetik ist kein andres als das der Variabilität, das HUYGENS auf das System der Atome anwandte, übertragen auf eine Reihe andrer in der Erfahrung gegebener Gröſsen, während bei ersterem allein Geschwindigkeit, Masse und mechanische Arbeit in Betracht kamen. Um Veränderungen als Gröſsen, als Objekte der mathematischen Naturwissenschaft darzustellen, ist es notwendig, eine gegebene Erscheinung als die Tendenz ihrer Fortsetzung in sich enthaltend aufzufassen, jeden Zustand zu denken als Bedingung eines folgenden Zustands; dieser Begriff verleiht ihm die intensive Realität, insofern in ihm jetzt ein selbständiges Sein repräsentiert ist ohne Rücksicht auf die räumliche und zeitliche Ausdehnung, und doch ohne ihn aus dem Kontinuum des Raumes und der Zeit zu lösen. Die Kausalität ist nicht die Bedingung hierzu, sondern Bedingung ist die Kontinuität des Bewuſstseins, die als Denkmittel der Variabilität konstitutiv wird; durch dieses Denkmittel erst ist es möglich, die Zustände

---

tischer Energie, wenn sie möglich ist, auch eintritt in dem durch die Richtung der Kraft bestimmten Sinne. Auch das Prinzip der virtuellen Geschwindigkeiten ist ohne weiteres einleuchtend nur insofern man anerkennt, daſs der Energiezustand sich ändert, wenn er sich ändern kann, daſs er Bestreben hat zur Änderung. Die Analyse der Erscheinungen führt immer auf solche virtuelle Wirkungen oder Tendenzen zu Wirkungen; es ist die Kausalität, die uns nötigt, die Wirkungen der einzelnen Energieformen uns virtuell vorhanden zu denken."

des Seienden als kausal verknüpfte zu denken; die Variabilität ist eine Bedingung für die Kausalität, sie bedeutet nicht notwendig kausale Veränderung, sondern funktionale Veränderung überhaupt, die freilich in der Natur immer zugleich unter dem Grundsatze der kausalen Wechselwirkung steht.[1]

Wenn sich nun die sinnliche Erfahrung in den Gesetzen der Energetik mathematisch darstellen und somit objektivieren läfst, so wird es scheinen, als sei die Aufgabe der Theorie der Materie damit erledigt und die Forderung der kinetischen Atomistik mindestens überflüssig. In den analytischen Ausdrücken für die Centralkräfte und ihre Potenziale, für kinetische und potenzielle Energie, Entropie, Stromstärke, Leitungswiderstand u. s. w. sei ja die Objektivität der Natur nach den Grundsätzen einer kritischen Erkenntnistheorie gewährleistet. Es hat sich jedoch gezeigt, dafs die Einheit der Wissenschaft die Möglichkeit der Vereinigung der speziellen Gebiete der Physik verlangt, und hier liegt die Aufgabe, welche KANT in seinem unvollendeten Werke *Vom Übergange* hinterlassen hat. Es mufs über der speziellen Physik und auf Grund ihrer Erfahrungen eine philosophische Wissenschaft geben, eine „Propädeutik" zur Physik im KANTschen Sinne, die wir, um den schillernden Namen der Metaphysik zu vermeiden, am besten als Protophysik bezeichnen. Und dafs diese nicht auf einer dyna-

---

[1] Dies zur Ergänzung von HELM. Es sei gestattet, dem Buche von HELM noch ein Citat aus THOMSON (*On the dynamical theory of heat*) zu entnehmen (S. 35): „Die Eigenenergie eines Körpers in einem gegebenen Zustande soll also den mechanischen Wert aller Wirkungen bezeichnen, welche der Körper beim Übergange aus dem gegebenen Zustande in den Normalzustand erzeugen würde, oder den mechanischen Wert der ganzen Leistung, die nötig wäre, um den Körper aus dem Normalzustande in den gegebenen zu bringen." Die hier geforderte Zusammenfassung der Leistungsfähigkeit in einen Begriff beruht ebenfalls auf dem Grundsatze der intensiven Gröfse, wonach dieselbe als eine aus Momenten erwachsene gedacht wird. Dadurch ist ihre Veränderlichkeit in den Begriff aufgenommen. „Durch welche Energieformen und in welcher Weise auch immer die Eigenenergie eines Systems verändert werde, sie ist doch stets eine nur vom augenblicklichen Zustande des Systems abhängige veränderliche Gröfse; oder das Differenzial der Eigenenergie, genommen nach den Gröfsen, welche den derzeitigen Zustand des Systems charakterisieren, ist ein vollständiges." (HELM S. 42.) Zur Frage nach dem Energiegesetz vgl. u. a. STADLER, *Kants Theorie der Materie*, Leipzig 1883 S. 207—218 und A. ELSAS. *Philos. Monatsh.* XXV. S. 200 f.

mischen Fluiditätstheorie, sondern nur auf einer kinetischen Atomistik beruhen kann, dazu hoffen wir in dieser historischen Untersuchung einen Beweisgrund beigetragen zu haben.

Man pflegt sich heutzutage auch in der Philosophie gegen die Möglichkeit einer allgemeinen Theorie der Materie ablehnend zu verhalten oder die Sache wenigstens als noch nicht spruchreif hinzustellen. Die Theorie der Materie sei eine unvollendbare Aufgabe. Dies aber ist nur richtig, insoweit alle Erkenntnis überhaupt eine unvollendbare, unendliche Aufgabe ist; es schliefst nicht aus, dafs innerhalb der gegebenen Erfahrungsdaten die Einheit aufgefunden werde, welche dieselben zur Möglichkeit der Naturwissenschaft verbindet. Und wenn man erwägt, ob wohl auch auf einem Systeme ganz andrer Prinzipien eine widerspruchslose Auffassung der Erscheinungen zustande kommen könnte,[1] so haben wir in Übereinstimmung damit im ersten Buche ausdrücklich die Relativität des Naturbegriffs überhaupt betont. Eine widerspruchslose Auffassung der Naturerscheinungen auf einem andren Prinzipe heifst eine andre objektive Natur schaffen; wenn ein Zeitalter in dieser Hinsicht über die moderne Naturwissenschaft hinwegschreitet, wie diese über ARISTOTELES, so setzt doch dies immer voraus, dafs erst jenes System vorhanden ist. Es bleibt also die Aufgabe, für eine gegebene Naturerfahrung das entsprechende System zu bestimmen. Wir haben dies für die moderne Entwickelung versucht, die von GALILEI und HUYGENS abhängig ist, und als dieses System die kinetische Atomistik gefunden. Für die kinetische Theorie bestehen aber immer die objektivierten Erscheinungen als aktuelle Energie der räumlichen Bewegung, und die Energieformen gelten nur als ein Hilfsmittel der Rechnung. Sie sind Begriffe von analytischer Geltung, nicht von transcendentaler; diese kommt allein den Begriffen der Substanz, der Gröfse, der Realität und Wechselwirkung zu, verbunden durch die Variabilität, und sie sind bereits in dem HUYGENSschen Gesetze von der Erhaltung der Kraft ausgedrückt, welches den räumlichen Übergang der Energie, die Tendenz derselben zur gesetzlichen Veränderung bestimmt.

---

[1] Vgl. WUNDT, *System.* S. 470. Über WUNDTS Bedenken gegen die kinetische Atomistik s. m. Abh. *Zur Rechtfert. d. k. A., V. f. w. Ph.* IX S. 148 u. S. 160.

Es ist vielleicht, um Miſsverständnisse zu vermeiden, nicht überflüssig, wiederholt darauf hinzuweisen, daſs die transcendentalen Bedingungen der Erfahrung und ihre historisch sich entwickelnde Erkenntnis zwei verschiedene Dinge sind. Niemals darf die kritische Philosophie sich anmaſsen, jene Bedingungen und die Prinzipien der Physik a priori bestimmen zu wollen, sondern sie kann dies immer nur an dem historischen Prozeſs; und wie die physikalische Erkenntnis sich geschichtlich entwickelt, wird auch immer die Lehre historisch sich wandeln, welches der Inhalt der transcendentalen Bedingungen der Erfahrung sei. Nicht, wie im Bewuſstsein der Menschheit einer gegebenen Epoche die Prinzipien wissenschaftlicher Erkenntnis formuliert sind, sondern daſs sie formuliert sein müssen, daſs es eine ewige Bestimmung für die Richtung des Bewuſstseins, ein oberstes Gesetz der Objektivierung gibt, ist der Wesensunterschied der transcendentalen Prinzipien von dem Wandel der Theorien. Aber da sich die formalen Bedingungen der Erfahrung nur an einem Inhalte darstellen lassen, so bleibt die Aufgabe, diesen Inhalt an einer Thatsache, wie sie die Entstehung der modernen Naturwissenschaft bietet, festzustellen. Erst diese Untersuchung zeigt, daſs die Einheitsbeziehungen des Bewuſstseins, welche wir Denkmittel nannten, einen über den speziellen theoretischen Inhalt hinausgehenden Geltungswert besitzen. Welche Denkmittel neu entdeckt, welche aus dem Bewuſstsein der Menschheit verschwinden werden, ist eine unlösliche Frage; genug, wenn jede Kulturepoche sich der ihrigen bewuſst wird als der synthetischen Einheiten, welche im Schwanken und Tasten der speziellen Untersuchungen und Hypothesen die Möglichkeit wissenschaftlicher Erfahrung gewährleisten, indem sie den wechselnden theoretischen Inhalt nicht bloſs vom Zufall der Empirie, sondern von einer dauernden Richtung des Bewuſstseins abhängig erweisen.

Unter diesem Gesichtspunkt zeigt sich der einheitliche Charakter der modernen Physik seit Huygens darin, daſs sie unter dem Denkmittel der Variabilität im einzelnen festzustellen sucht, wie die Tendenz zur gegenseitigen Veränderung gegebener materieller Systeme sich mathematisch darstellen lasse. Sie konnte aber Erfolge darin erst dann erringen, wenn zuvor

in einer Reihe von materiellen Systemen, welche verschiedenen sinnlichen Empfindungsthatsachen entsprechen, die inneren Veränderungen erforscht waren; dies wurde durch die Ausbildung der Analysis und die Hypothese der Centralkräfte ermöglicht, aber dadurch wurden eben eine Reihe von Naturkräften geschaffen, denen nunmehr die Energetik besondere Energieformen zuschreiben mufste, und die es schliefslich auf die fundamentale Form der kinetischen Energie zurückzuführen gilt. Deswegen erscheint die kinetische Atomistik zugleich als Bedingung und als Ideal der physikalischen Erfahrung. Bedingung ist sie insofern, als sie identisch ist mit dem Grundsatze, dafs alle Realität des Naturgeschehens nur beruhen kann auf einen gesetzmäfsigen Wechsel der Verteilung intensiver Gröfse im Raume, deren Möglichkeit geknüpft ist an den substanziellen Bestand räumlicher Individuen. Ideal der Physik ist sie insofern, als es die mit der Ausdehnung der Empirie sich stets erweiternde Aufgabe der Wissenschaft bleibt, die beobachteten sinnlichen Erscheinungen so zu zergliedern, dafs sie den möglichen Bewegungen der Raumteile zugeordnet und demnach durch mathematische Gesetze bestimmt werden können.

Wenn die moderne Physik wenig Interesse zeigt, die letzten Verhältnisse der Atombewegungen durch passende Hypothesen aufzuhellen, um sie der Erklärung der Erscheinungen zugrunde zu legen, so zeigt dies nur, dafs wir von jenem Ideale noch entfernt sind: dafs wir ihm aber uns nähern, ergibt sich gerade aus dem Bestreben, die in die Ferne wirkenden Kräfte durch die Vorstellung von Energieübertragung zu ersetzen. Denn die Umwandlung der verschiedenen Energieformen ineinander wird immermehr das Bedürfnis hervortreten lassen, die Einwirkung der materiellen Teilchen auf ihre unmittelbare Berührung (in unendlichkleiner Entfernung) zurückzuführen, weil, wie es scheint, die elektrischen Erscheinungen auf eine Veränderung des Mittels hinweisen, in welchem sie vor sich gehen.[1] Wird aber für eine Energieform von kosmischer Bedeutung, wie die Elektrizität, eine Übertragung des Mittels von Teilchen zu Teilchen in der Zeit nachgewiesen, so ist

[1] Vgl. Planck, *Erh. d. Energie*, S. 242 ff.

amit auch für die Gravitation und die andern auf Fern-
rirkung basierten Naturkräfte die Abhängigkeit von einem
ermittelnden Agens nahegelegt, und der Hilfsbegriff der
otenziellen Energie wird wieder ersetzt durch die kinetische
nergie des Mittels. Mag daher immerhin die mathematische
'hysik gegenwärtig es für wertlose Spekulation erachten,
Iypothesen über die Natur der Atome aufzustellen, so kann
ies nichts gegen das Interesse der Erkenntniskritik besagen,
i der kinetischen Atomistik die rationale Grundlage aller
'heorie der Materie zu sehen. Die Physik hat durch das
nergiegesetz die Möglichkeit, sich über die Hypothesen der
tomistik hinwegzusetzen, und sie ist vollkommen im Recht,
renn sie das thut und sich damit begnügt, die Energiebeträge
u formulieren, deren Austausch den Wechsel der sinnlichen
rscheinung in einem Gröfsengesetze darstellt. Da aber jede
bjektivierung der Natur im Raume stattfinden mufs, so wird
uch immer die Energie an den Raum gebunden sein, und es
rerden daher immer diejenigen Betrachtungen das Energie-
esetz sichern, welche in demselben ein Gesetz über die
äumliche Verteilung der Realität erkennen. Weit ent-
rnt, Hypothesen über die Atome aufzustellen oder der Physik
ıs Handwerk zu pfuschen, will die Erkenntniskritik nichts
ndres, als aus dem Faktum der Entwickelung der Physik
ur Wissenschaft die Denkmittel herausschälen, die dasselbe
rmöglichten; und sie kommt dabei zu dem Resultate, dafs
ieselben in den Prinzipien der kinetischen Atomistik sich am
ollständigsten erkennen lassen und daher immer auf diese
urückweisen.

Wenn wir nun in der Aufstellung des Satzes von der
bendigen Kraft bei Huygens und dem axiomatischen Werte,
relchen er demselben beilegt, den Ausdruck des Bedürfnisses
rkennen, die Mitteilung der Bewegung von Raumteil zu
aumteil durch ein Gesetz zu bestimmen, abgesehen von jeder
nnlichen Vorstellung über die dabei sich abspielenden Vor-
änge, so dürfen wir sagen, dafs die Erkenntnismittel der
hysik im Prinzipe damit vollendet sind. Aber wir sahen
reilich auch, dafs die Anwendung derselben auf die Erfahrung
och tiefer und umfassender Gedankenarbeit bedurfte, wie sie
i der Entwickelung der höheren Analysis vorliegt, und dafs

diese mathematische Arbeit auf Jahrhunderte hinaus ihren prinzipiellen Ursprung verdeckte. Die Äthertheorien HUYGENS' konnten ohne jene analytische Hilfe nicht vervollkommnet und zur Darstellung der Einzelerscheinungen ausgebildet werden. Dies ist der innere Grund, weshalb zunächst HUYGENS hinter NEWTON verschwindet, so dafs der letztere als der eigentliche Nachfolger GALILEIS erscheint. Wir glauben aber, dafs die NEWTONsche Physik nur ein Übergangszustand ist, von welchem aus man mit vervollkommneten Hilfsmitteln und Erfahrungen zu den HUYGENSschen Prinzipien zurückkehren wird. Die Fruchtbarkeit der letzteren hat bereits die kinetische Gastheorie erwiesen, und ihr inniger Zusammenhang mit der mechanischen Wärmetheorie und dieser mit der Energetik überhaupt wird sicherlich zu einer Umformung derselben im oben angedeuteten Sinne hinführen.

HUYGENS Ruhm als Entdecker in der experimentellen wie in der theoretischen Physik ist so fest und begründet, dafs er hier keiner Lobrede bedarf. Die Geschichte der Korpuskulartheorie jedoch darf in ihm mehr sehen als den grofsen Mechaniker, sie mufs ihn als den Genius betrachten, welcher sie vom Range einer veranschaulichenden Hypothese zur Würde der Wissenschaft erhob. Aber das Geschick, welches über dem europäischen Denken waltet, wollte es, dafs sie ihr hohes Amt nicht antreten sollte. Die Geistesarbeit, welche zur Behauptung desselben notwendig gewesen wäre, führte zunächst auf Probleme, deren glückliche Lösung die dynamische Atomistik zur Herrschaft brachten. HUYGENS' Theorien wurden wenig beachtet, aber seine Gedanken gingen darum nicht verloren. DANIEL BERNOULLI, EULER vor allen, LESAGE und andre kamen auf sie zurück; aber eine vollständige Theorie des Äthers bleibt eine Aufgabe der Zukunft. Bisher hat die dynamische Theorie überall die rein kinetischen Prinzipien noch so stark durchsetzt, dafs man in HUYGENS mit dem Höhepunkt zugleich den vorläufigen historischen Abschlufs der Korpuskulartheorie sehen mufs. Die Korpuskulartheorie hat damit wie vielleicht keine andre Disziplin das Gepräge einer in sich abgeschlossenen Entwickelung gewonnen; ihre einzelnen Phasen zeigen, trotz der Komplikation der Gedankengänge, welche sich im Problem des Körperbegriffs kreuzen, eine fast

an die Formen eines Kunstwerks erinnernde Steigerung bis zur Vollendung durch HUYGENS. Sie bietet sich daher der historischen Darstellung als ein äufserst geeignetes Objekt dar. Mit HUYGENS' Tode, mit dem Ende des 17. Jahrhunderts beginnen die dynamischen Vorstellungen die Oberhand zu gewinnen. Hieraus leitet der Geschichtsschreiber der kinetischen Atomistik das Recht ab, mit HUYGENS die Darstellung der Korpuskulartheorie abzubrechen. „Von allen, welche jemals die Atome als Behauptung aufrecht erhalten haben, hat, wie ich glaube, es niemand mit gröfserer Kenntnis der Ursachen gethan und mehr zur Beleuchtung beigetragen, als Sie, mein Herr.“ So schreibt LEIBNIZ an HUYGENS,[1] und dieses Urteil wird bestehen bleiben.

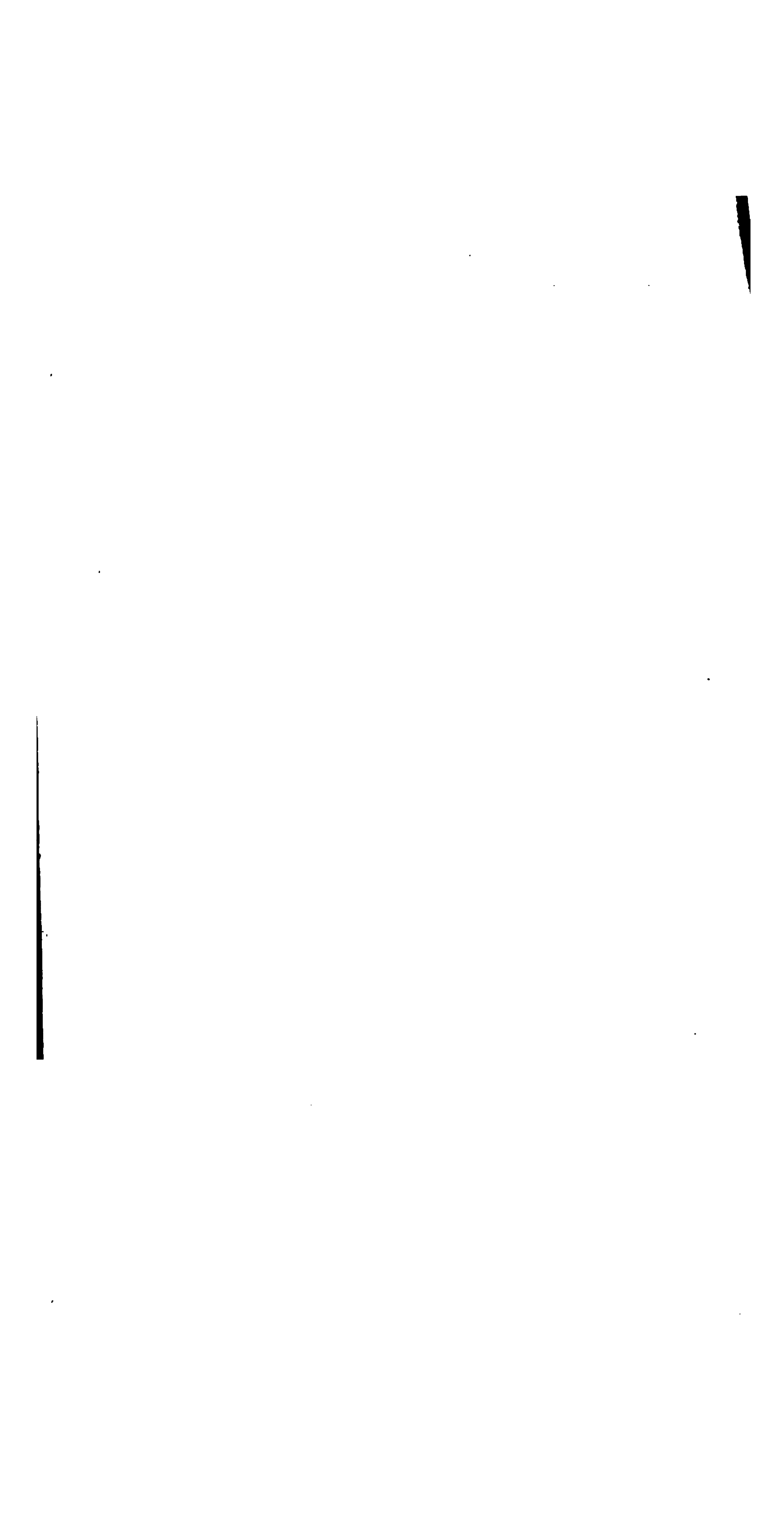
---

[1] *Math. Schriften* II p. 155. 10/20. Mars 1693.



Fünftes Buch.

Der Übergang zur dynamischen Theorie der Materie.



Erster Abschnitt.

Die Realität der Wechselwirkung in der Umbildung des Cartesianismus.

1. Ausblick.

Man wird stets ein einseitiges Bild von der Geschichte der Philosophie im 17. Jahrhundert erhalten, wenn man die in der Physik liegenden Wurzeln ihres Grundproblems aufser acht läfst, aus welchen die Korpuskulartheorie hervorgewachsen war. Durch dieselbe hing die Frage nach der Realität der Wechselwirkung in der Körperwelt aufs engste mit den Fortschritten der Naturerkenntnis zusammen, so dafs sie nicht weniger vom physikalischen als vom metaphysischen Interesse bewegt wurde. Erstens mufste der Nachweis geführt werden, dafs die Annahmen über die Theorie der Materie wirklich ausreichten und notwendig waren, um die empirischen Erscheinungen der Natur zu erklären; das war Sache der Physik und Mathematik. Zweitens mufsten jene Annahmen als Weltgesetze im Begriffe fundiert und mit den Forderungen des Gemüts in Einklang gebracht werden. Das war die Aufgabe und das treibende Motiv der Philosophie. Beide Aufgaben waren innerhalb des hier von uns betrachteten Zeitraums unlösbar; erst die kritische Philosophie vermochte die Bedingungen der Erkenntnis zu ermitteln, die zu einer fruchtbaren Behandlung des Problems erforderlich waren. Und dies ist der Grund, weshalb wir die Korpuskulartheorie, welche das Material für jene Untersuchungen darzubieten hatte, ihrem Verfalle entgegenschreiten sehen.

Huygens hatte die der Physik zufallende Aufgabe so weit gefördert, als es überhaupt möglich war; die vorläufige Resultatlosigkeit seiner Entdeckungen war durch die noch fehlende Ausbildung des mathematischen Calcüls im wesentlichen bedingt. Der Philosophie aber mangelte einerseits die kritische Grundlage, andrerseits war sie durch das theologische Interesse vielfach beengt. Die substanziellen Formen des Aristoteles waren zwar im Sinne ihres Urhebers vorläufig verschwunden, aber sie waren noch nicht ersetzt. Sie hatten dazu gedient, die Realität in der Synthesis der Körper zu garantieren, indem sie die substanziellen Einheiten für die Vielheit der sinnlichen Veränderungen hergeben sollten. Dieses Band fehlte noch der mechanischen Naturerklärung, es fehlte der Begriff, welcher die kausale Veränderung als eine auf Realität gegründete Wirklichkeit erkennen liefs. Dieser Begriff mufste in der Bewegung gewonnen werden, und wir haben gesehen, wie, auf Galilei gestützt, Huygens in den Prinzipien der Mechanik jene Realität entdeckte. Da aber diese Erkenntnis der Vorbedingungen zu ihrer Fortbildung und Anerkennung entbehrte, so sehen wir gleichzeitig neben der wissenschaftlichen Ausbildung der Korpuskulartheorie Metaphysik und Naturforschung andre Wege einschlagen, welche im Vergleiche zu der Huygensschen Richtung als rückläufige Bewegungen bezeichnet werden müssen. Die beiden grofsen Namen, an welche sich dieselben knüpfen, sind Leibniz und Newton. Diese Männer vollziehen die Umwandlung der Korpuskulartheorie, welche sich gleichzeitig vonseiten der Metaphysik wie der Physik in derselben vorbereitete. Der philosophische Umwandlungsprozefs der Korpuskulartheorie schliefst sich in der Hauptsache an die Entwickelung des Cartesianismus an, der physikalische an den Gebrauch und Mifsbrauch der Hypothese in Physik, Chemie und Medizin. Der erstere spielt sich in dem Bestreben ab, die Wechselwirkung der Substanzen zu entdecken, und führt durch den Occasionalismus und Spinoza zu Leibniz; der zweite dokumentiert die Ohnmacht der Hypothese der rein mechanischen Wechselwirkung zur Erzeugung einer mathematischen Naturwissenschaft und bewirkt in der mathematischen Entdeckung der Gravitation durch Newton die Reaktion gegen die kinetisch-korpuskularen Hypothesen. Beide Entwickelungen begegnen sich in ihrem

Resultate: in der Schöpfung einer dynamischen Theorie der Materie. Beiden gemeinsam ist die Verquickung mit dem theologischen Interesse, das sich nur dann für befriedigt erklären will, wenn die Wechselwirkung der Körper durch dynamische Einheiten garantiert wird, welche nicht in, sondern hinter der Materie liegen und somit als unmittelbare Bethätigung des schöpferischen Geistes begriffen werden können. Die fernwirkenden Centralkräfte Newtons und die metaphysischen Punkte Leibnizens unterscheiden sich von den substanziellen Formen dadurch, daſs sie innerhalb des Empirischen die Anwendung der Mathematik gestatten, lassen aber gleichzeitig eine metaphysische Deutung im theologischen Interesse zu. Durch letzteres führen sie von dem direkten Fortschritt erkenntniskritischer Entwickelung ab, durch ersteres aber werden sie selbst Elemente eines neuen Fortschritts, indem die Ausbildung der mathematischen Physik eine notwendige Stufe darbietet, um die von Huygens erklommene Höhe zur breiten Heerstraſse der Naturerkenntnis zu machen. Der Weg führt also, um im Bilde zu bleiben, nicht im Kreise zum Ausgangspunkte zurück, sondern steigt wie eine Schraubenlinie in die Höhe. Den innern Zusammenhang jener Entwickelungen zu durchschauen wird durch die Beziehung zur Mathematik wesentlich erschwert; denn dieselbe Richtung des Denkens, welche Leibniz und Newton zu einer metaphysischen Begründung der Realität der Wechselwirkung führt, ist in diesen Forschern thätig, wenn sie den Begriff des Infinitesimalen zum Instrument der Rechnung gestalten. Die Entdeckung des Differenzials beruht auf demselben Denkmittel, welches die Realität der Bewegung im Prinzip der gesetzlichen Veränderung erkenntniskritisch zu fundieren vermag und nur unter dem wesentlichen Einfluſs des theologischen Interesses in den beiden groſsen, noch unter dem Banne des dogmatischen Realismus stehenden Denkern eine Richtung erhielt, die sie zu ihrer metaphysischen Substanzialisierung im Begriffe der Kraft geführt hat.

Beide Entwickelungen, welche wir hier kurz zu skizzieren versuchten, greifen selbstverständlich sowohl in den diskutierten Fragen als in den persönlichen Beziehungen aufs engste ineinander. Um die historische Übersicht zu erleichtern, haben wir sie in der Darstellung möglichst zu trennen gesucht. Wir

berichten daher zunächst über den Ausgang der Korpuskulartheorie in der cartesischen Schule und schliefsen diese Entwickelung mit dem Übergange, welchen LEIBNIZ in seinem eigenen System von der kinetischen Theorie der Materie zur dynamischen Fundierung derselben vollzieht. Sodann verfolgen wir den Verfall der Korpuskulartheorie in den Hypothesen der Naturforscher und beenden unsere Arbeit mit der Schöpfung der dynamischen Korpuskulartheorie durch NEWTON.

2. Cartesianer.

Der Einflufs der cartesischen Philosophie machte sich bekanntlich schon zu DESCARTES' Lebzeiten in den weitesten Kreisen bemerklich; wir erinnern an seine beiden fürstlichen Schülerinnen, die Prinzessin ELISABETH, Tochter FRIEDRICH V. von der Pfalz, welche während ihres ganzen Lebens, auch noch als Äbtissin von Herforden in Westfalen eine Freundin des Cartesianismus blieb, und an die Königin CHRISTINE von Schweden, Tochter GUSTAV ADOLFS, an deren Hofe den Philosophen der Tod ereilte. An den Universitäten herrschte der Cartesianismus zuerst in Holland, wo DESCARTES' unmittelbarer Schüler RÉNERI zu Utrecht lehrte, jedoch schon 1639 an seinem Hochzeitstage[1] starb. Gleichzeitig aber war DESCARTES' Lehre daselbst durch VAN ROY, gewöhnlich REGIUS genannt, vertreten, der, zuerst ein eifriger Schüler von RÉNERI und DESCARTES, mit letzterem zerfiel, als er ihn durch seinen Übereifer in unangenehme Streitigkeiten mit VOETIUS und SCHOOCK verwickelte.[2] DESCARTES hielt es für nötig, die *Fundamenta physicae* (1646) von REGIUS in der Vorrede zur französichen Übersetzung seiner *Principien* ausdrücklich zu desavouieren, weil er „einige metaphysische Wahrheiten, auf die sich die ganze Physik stützen müsse," in Abrede gestellt habe.[3] Noch entschiedener und ausführlicher geschieht dies in der Zurückweisung des von

---

[1] GASSENDI *Op.* VI p. 28b.

[2] Ausführliches über die Streitigkeiten bei BOUILLIER, MILLET und KUNO FISCHER. Wir haben uns hier auf die physikalische Seite der Fragen zu beschränken.

[3] *Oeuvr.* de DESCARTES, ed. COUSIN. III p. 30.

Regius 1647 in Utrecht verbreiteten Anschlages *Explication de l'esprit humain, ou de l'âme raisonnable*, bei welcher Gelegenheit Descartes sagt, er halte sich für verpflichtet, alle diejenigen, die Regius für einen grofsen Verteidiger seiner Ansichten hielten, davon zu benachrichtigen, dafs es fast keine seiner Meinungen gebe, die jener nicht schlecht darlege und dem Sinne nach verderbe, nicht blofs in den metaphysischen Sätzen, sondern auch in den auf die Physik bezüglichen.[1] Jedoch besteht die wesentliche Abweichung in der Auffassung des Verhältnisses von Geist und Körper, in welcher Hinsicht Regius erklärt hatte, dafs der Geist ein Modus der körperlichen Substanz sein könne. In Bezug auf physikalische Lehren, welche das Problem der Materie berühren, macht Descartes hier keine spezielle Angabe. Allerdings steht Regius in seiner Physik durchaus auf cartesischem Boden, doch findet sich in seinem Hauptwerke[2] eine eigentümliche Abweichung von Descartes, welche für das Problem des Körpers von Bedeutung ist und hier nicht übergangen werden darf. Es ist dies die Auffassung, welche Regius von der Bewegung und Ruhe hat.

Unter Bewegung versteht Regius wie Descartes nur die räumliche Bewegung und zwar die Übertragung eines Körpers von einer Nachbarschaft in die andre, aber durch einen inhärenten Impetus, d. h. durch eine Kraft in dem bewegten Körper, vermöge deren er, solange sie in ihm besteht, von Ort zu Ort getragen wird.[3] Dieser Impetus der Translation unterscheidet sich von der Translation selbst wie das Denken vom Gedanken. Je nach der Gröfse des Impetus wird der Körper mehr oder weniger heftig bewegt. Der Impetus unterscheidet den bewegten von dem nur bewegt scheinenden Körper, die absolute und die relative Bewegung. Dieser Impetus beharrt in den Teilen der gesamten Materie, wie er ihnen von Gott bei der Schöpfung in gewisser Quantität gegeben worden, nach dem Gesetze der Unveränderlichkeit der

---

[1] *Oeuvr.* X p. 104.

[2] Henrici Regii Ultrajectini *Philosophia naturalis, in qua tota rerum universalitas per clara et facilia Principia explanatur.* Amstel. 1661. Ob sich dieselben Annahmen schon in den *Fundamenta physicae* von 1646 befinden, konnte ich nicht feststellen, da mir das Buch nicht zugänglich war.

[3] *Philos. natur.* l. I c. 5. p. 13.

Natur in demselben Grade der Quantität.[1] Er kann an den einzelnen Teilen der Materie nur durch Hinzukommen oder Abgang des Bewegungsimpetus verändert werden, so daſs ohne dies keine Veränderung in der Bewegung eines Körpers eintritt; er kann aber von einem Teil der Materie auf den andren übergehen. Diese Erhaltung des Impetus bezieht sich in gleicher Weise auf das anorganische wie das organische Gebiet; niemals wird ein neuer Impetus geschaffen. Trifft ein Geschoſs einen Sandhaufen, so geht der Impetus nicht verloren, sondern wird auf den Staub, von da auf die Luft, die Erde übertragen und nur für die Sinne nicht mehr wahrnehmbar. Die Erhaltung des Impetus wird in vollkommene Parallele mit der Erhaltung der Materie gestellt. Der Impetus braucht jedoch nicht proportional der Gröſse des Körpers zu sein, ein kleinerer Körper kann einen viel heftigeren Impetus haben als ein gröſserer.[2]

Das Gesetz der Beharrung und der Zusammensetzung der Bewegungen wird klar ausgesprochen;[3] eine krummlinige Bewegung kann nur durch den Widerstand äuſserer Körper entstehen.[4] Zug gibt es nicht, sondern nur Stoſs. Der Druck besteht in häufigen und schnell wiederholten Pulsionen, so daſs der Körper nicht sichtbar vom Orte bewegt, sondern nur unwahrnehmbar erschüttert wird. Die Geschwindigkeit entsteht durch Addition des Impetus.[5]

Regius hat es also vermieden, die Bewegungsgröſse als das Maſs für die sich erhaltende Bewegung einzuführen; er hat bemerkt, daſs die sich erhaltende intensive Gröſse der Geschwindigkeit nicht einfach proportional ist. Aber es fehlt ihm an jeder mathematischen Bestimmung über das Maſs der Bewegung, und diese Unbestimmtheit sucht er dadurch mit den Thatsachen in Übereinstimmung zu bringen, daſs er den Impetus auch nicht proportional der Menge der Materie annimmt. Der Impetus oder die bewegende Kraft ist vielmehr bei ihm bereits etwas vollständig von der Materie Unabhängiges geworden, das in verschiedenen Graden als eine besondere Realität von Teil zu Teil in der Materie wandert. Der

[1] A. a. O. p. 14. — [2] A. a. O. p. 17. — [3] A. a. O. p. 20.
[4] A. a. O. p. 23. — [5] A. a. O. p. 25.

Regiussche Impetus ist der Absicht nach ganz das, was wir als Energie bezeichnen, nur mit dem ausschlaggebenden Unterschiede, daſs Regius der mathematische Ausdruck für das Maſs desselben, die funktionelle Abhängigkeit von der Geschwindigkeit, vollkommen verborgen geblieben ist. Diese mathematische Schwäche zeichnet überhaupt die Regiussche Physik aus. Es verleiht ihr aber die Aufstellung einer selbständigen Realität als die Bedingung der Veränderung in der Materie eine Eigentümlichkeit, die über Descartes hinaus auf die Versuche hinweist, in der Kraft jene Realität zu verselbständigen. Diese Geneigtheit, die Bewegungsursache zu substanzialisieren, zeigt sich noch auffallender in der Regius eigentümlichen Auffassung der Ruhe.

Die Ruhe ist nach Regius etwas durchaus Positives; sie ist das Verharren des Körpers an demselben Orte kraft einer ihm inhärenten Hemmung (sufflamen); diese Hemmung ist eine Kraft, welche ein Mehr oder Minder der Wirkung besitzt, den Körper an seinen Ort zu fesseln.[1] Sie ist von Gott der Materie in bestimmtem Grade eingepflanzt und verharrt im Körper, solange sie nicht von einem stärkeren Bewegungsimpetus ausgetrieben wird. Wenn dies geschieht, so geht das *Sufflamen* aus dem bewegten in den bewegenden Körper über. Die Ruhe besitzt daher verschiedene Gröſse, wie die Bewegung, ohne daſs dieselbe der Gröſse des Körpers proportional zu sein braucht. Ein kleinerer Körper kann unter Umständen eine gröſsere Kraft der Ruhe haben als ein gröſserer, so daſs er selbst von einem gröſseren nicht bewegt werden kann.

Allerdings hatte Descartes[2] diese Richtung in der Auffassung der Ruhe veranlaſst, indem er von einer gewissen Kraft des Ruhenden spricht, in seiner Ruhe zu verharren und der Bewegung zu widerstehen; aber er hatte diesen Widerstand doch nur von der Gröſse des Körpers abhängig gemacht. Regius geht darin weiter. Indem er den Widerstand gegen die Bewegung als eine positive Kraft, unabhängig von der Menge der Materie, substanzialisiert, als eine Hemmung oder eine Art

---

[1] A. a. O. p. 46. Per inhaerens sufflamen intelligo vim in corpore existentem, qua illud in eodem loco, vel magis, vel minus retinetur.

[2] *Princ.* II, 43.

Raumadhäsion (um einen modernen Ausdruck zu gebrauchen, eine Erfindung, die also hier einen alten Vorgänger antrifft), setzt er sich in den Stand, einen vielfach gegen Descartes vorgebrachten Einwand zu widerlegen. Descartes hatte die Kohäsion allein aus der Ruhe der Teilchen gegeneinander abgeleitet und konnte infolgedessen nicht erklären, warum es unter Umständen so viel schwieriger sei, von einem ruhenden Körper einen Teil abzutrennen, als den ganzen Körper in Bewegung zu versetzen. Deshalb hat Leibniz später seinen *motus conspirans* erfunden. Regius sagt, da die Ruhe eine positive Eigenschaft ist, die Quantität besitzt, so kann die Ruhe der Teilchen eines Körpers gegen- und untereinander gröfser sein, als die Ruhe des ganzen Körpers relativ zu den ihm benachbarten Körpern;[1] mit andern Worten, die gegenseitige Kohäsion der Teile kann gröfser sein als die Adhäsion des Körpers an der Umgebung. Ein einfacher Körper braucht darum nicht unteilbar zu sein. Was jedoch diesen Gedanken von der verschiedenen Intensität der Ruhe zu keiner weiteren Entwickelung kommen läfst, ist der Umstand, dafs es Regius ebenfalls an jeder mathematischen Feststellung eines quantitativen Gesetzes hierbei fehlt.

Noch eine scheinbar nebensächliche Bemerkung haben wir zu erwähnen, die aber zeigt, wie die cartesische Theorie der Materie — was wir wiederholt zu betonen hatten — immer wieder zur Korpuskulartheorie und zur reineren Atomistik zurückdrängt. Atome und Vacuum gibt es bei Regius ebensowenig wie bei Descartes. Dennoch sieht er sich veranlafst zu sagen: „Obwohl die unmerklichen Partikeln der Materie für gewöhnlich nicht unteilbar zu sein scheinen, so kann es doch einige geben, welche eine so grofse Ruhe ihrer Teile besitzen, dafs in der Natur keine Bewegung existiert, durch die sie geteilt werden können; und dann sind sie in der That Atome, d. h. durch die Natur unteilbare Partikeln.“[2] Hierin liegt nach Regius kein Widerspruch; ihre Teile besitzen sie natürlich, wenn sie auch nicht wirklich teilbar sind. Das ist aber alles, was die physikalische Korpuskulartheorie braucht und was schliefslich jede plerotische Theorie zugibt.

[1] *Phil. nat.* p. 47. — [2] A. a. O. p. 7.

Ähnlich wie VOËTIUS gegen REGIUS in Utrecht, traten in Leiden in demselben Jahre 1647 die Theologen REVIUS und TRIGLANDIUS gegen HEEREBORD und JEAN DE RAEY und deren cartesianische Neigungen auf; DESCARTES konnte durch persönliches Eingreifen und hohen Einfluſs den Sturm beschwichtigen; mit mehr Erfolg erhob sich 1652 PLEMPIUS in Löwen gegen DESCARTES. Im Jahre 1663 wurden DESCARTES' philosophische Werke, darunter auch seine Erklärung gegen REGIUS, auf den Index gesetzt, 1667 die Errichtung eines Denkmals in Paris verweigert, 1669 die cartesische Lehre aus dem *Collège royal*, 1671 von der Universität zu Paris, 1675 von der zu Angers verbannt. In Paris muſste PIERRE SYLVAIN-RÉGIS seine cartesianischen Vorlesungen auf Befehl des Erzbischofs unterbrechen und erhielt erst nach 10 Jahren (1690) mit Mühe die Erlaubnis zur Veröffentlichung seines *Système de philosophie*[1] unter der Bedingung, den Namen DESCARTES aus dem Titel zu tilgen. Die Verfolgungen des Cartesianismus wie auch der gassendischen Atomistik gründeten sich auf theologische Motive und zwar hauptsächlich auf das Bedenken, daſs die Lehre von der Eucharistie durch die cartesische Substanzlehre gefährdet sei. Denn wenn die körperliche Substanz in der Ausdehnung besteht und es keine substanziellen Formen gibt, so ist die Verwandlung von Brot und Wein nicht im Sinne des Transsubstanziationsdogmas möglich, weil sich alsdann unter Beibehaltung der Gestalt von Brot und Wein die Substanz nicht in Leib und Blut Christi verändern kann.[2]

---

[1] *Système de philos., contenant la logique, la métaphysique, la physique et la morale*, Paris 1690. Im folgenden Jahre erschien eine Ausgabe in Amsterdam, deren Titel den Namen DESCARTES' enthält, und nach welcher wir citieren: *Cours entier de philosophie, ou système général selon les principes de M. Descartes, contenant la logique, la métaphysique, la physique, et la morale.* Amsterdam 1691.

[2] Vgl. MORINUS, *Astronomia Gallica*, Hag. Com. 1661. L. IV, c. 2. Vgl. auch oben II S. 186 f. — HUET sagt in der *Censura phil. cartes.*, Helmestadii 1690, p. 82 gegen die Gleichsetzung von Körper und Ausdehnung bei DESCARTES: „Wenn das, was der dreifachen Ausdehnung ermangelt, kein Körper ist, so ist Christi Leib nicht dort, wo er jene Ausdehnung nicht besitzt." In die Kategorie der theologischen Physik gehört auch eine Auslassung in dem Buche: GILBERTI AB ISIDOORN, Professoris Harderviceni *Medulla physicae, generalis*. Hardervici 1658, p. 658, wo es heiſst, im Empyreum könnte es vielleicht einen leeren Raum

Die verschiedenen Versuche der Anhänger DESCARTES' durch künstliche Deutungen ihre Physik mit dem Kirchendogma in Einklang zu bringen, glauben wir übergehen zu dürfen, da sie das Problem der Korpuskulartheorie nicht tiefer berühren. Immerhin ist der Einfluſs nicht zu unterschätzen, welcher aus dieser steten Rücksichtnahme flieſst und die Ziehung der mechanischen Konsequenzen stört. Aber ungeachtet aller Anfeindungen blühte der Cartesianismus und verbreitete sich in immer weiterem Maſse.

Das verbreitetste Lehrbuch der Physik, welches sich auf durchaus cartesische Anschauungen stützte, war der *Traité de physique*[1] von JAQUES ROHAULT (1620—1675). ROHAULTS Schwiegervater CLERSELIER (1614—1684), Schwager des Cartesianers CHANUT (der als Gesandter in Schweden DESCARTES dort einführte), stand als einer der eifrigsten Cartesianer im Mittelpunkte der Freunde und Anhänger des Philosophen. Das Lehrbuch ROHAULTS erschien zuerst zu Paris 1671, wurde 1674 durch BONET ins Lateinische übersetzt (Genevae 1674), und von ANTOINE LE GRAND, der die erste Übersetzung für vielfach verdorben erklärte, aufs neue lateinisch mit Anmerkungen herausgegeben (Londini 1682).[2]

Das Buch war ein halbes Jahrhundert im Gebrauch der Schulen,[3] bis die cartesische Physik durch die NEWTONsche verdrängt wurde, welche CLARKE in das ROHAULTsche Lehrbuch durch seine Anmerkungen einzuschmuggeln wuſste. In elegantem Vortrage und ohne sich auf feinere philosophische Unterscheidungen einzulassen, weiſs ROHAULT, aus dessen Vorlesungen in Paris das Buch entstand, die cartesische Physik begreiflich zu machen. Die Frage nach der Unteilbarkeit der

---

geben, wenn nicht dasselbe etwa von einem dünnen luftähnlichen Körper erfüllt ist, „weil sonst dort nichts ist, womit die Hohlräume der Körper der Seligen erfüllt werden könnten, wie Nase, Mund und Ohren."

[1] Mir liegt der Nachdruck vor: *Traité de physique par Jaques Rohault* (2 parties), Amsterdam 1672 (Sur la Copie imprimée à Paris) sowie die lateinische Ausgabe: JACOBI ROHAULTI *physica latine vertit, recensuit et adnotationibus ex ill. J. Newtoni philosophia max. partem haustis amplificavit et ornavit* SAMUEL CLARKE, S. T. P. Lugd. Bat. 1729.

[2] S. *Acta erud.*, 1684, p. 101.

[3] DAMIRON, *Essai s. l'hist. de la phil.* p. 8.

Materie erscheint ihm als eine solche, die zu nichts nütze ist; Ausdehnung, Teilbarkeit, Figur und Undurchdringlichkeit genügen als die wesentlichen Eigenschaften der Materie. Er ist dabei geneigt, den Unterschied gegen ARISTOTELES als wenig erheblich darzustellen; ohne sich zu scheuen, der Autorität desselben entgegenzutreten, weiſs er doch von der Neuerung abschreckende Schärfen zu vermeiden. Die Ausdehnung ist Substanz; die Bewegung ist nichts Absolutes, sondern ein Accidens des Körpers, wodurch dem Körper nichts hinzugefügt wird. Die Gröſse der Bewegung ist der Menge der Materie und der Geschwindigkeit proportional und erhält sich. Die Korpuskulartheorie ist die cartesische. In der Ableitung der Gravitation stützt er sich[1] auf den ihm von HUYGENS mitgeteilten Versuch, dessen Darstellung jedoch von letzterem in der Vorrede zu *De causa gravitatis* nicht ganz gebilligt wurde (s. o. S. 343).

Daſs die Ruhe ein positiver Zustand des Körpers ist, findet sich, obwohl sie als von selbst beharrend betrachtet wird, bei ROHAULT nicht besonders hervorgehoben. Dagegen sei hier erwähnt, daſs IGNACE GASTON PARDIES, der bereits bei Gelegenheit der Undulationstheorien (s. II S. 340) angeführt worden ist, diese Eigenschaft der Ruhe als einen positiven Zustand (un état, ou bien une présence) besonders betont. Sie ist der Zustand, demzufolge der Körper immer demselben Orte entspricht, so daſs die Bewegung ebensogut als Aufhören der Ruhe, wie die Ruhe als Aufhören der Bewegung bezeichnet werden kann. Der Körper hat nicht weniger zu thun, seinen Zustand der Ruhe als den der Bewegung in jedem Augenblicke zu erhalten.[2]

Auf die Geschichte des Cartesianismus näher einzugehen[3] ist hier nicht möglich. Wir ziehen als Cartesianer nur in Betracht auſser dem obengenannten RÉGIS (1632—1707), der erst in

---

[1] *Traité de phys.* T. II, p. 155, 156.

[2] IGNACE GASTON PARDIES, *Discours du mouvement local.* A la Haye 1710. p. 13—15. (Zuerst erschienen 1670.)

[3] Ausführlich berichtet darüber im philosophischen Interesse: BOUILLIER, *Hist. de la phil. Cart.* I p. 254 ff. Vgl. auch DAMIRON, *Essai s. l'hist. de la phil.* T. II. — KUNO FISCHER, *Gesch. d. n. Phil.* I, T. 2. BRUCKER, T. V. p. 255 ff.

Toulouse, nachher an Stelle ROHAULTS in Paris glänzende Vorträge über die cartesische Philosophie hielt und eine Widerlegung des Angriffs von HUET auf DESCARTES schrieb,[1] noch JOHANN CLAUBERG (1622—1665), zuletzt in Duisburg, die beide das von DESCARTES offengelassene Problem der Verbindung der Seele mit dem Körper nach der Richtung zu lösen suchen, daſs die Seele zwar den Körper nicht zu bewegen, wohl aber ihn zu dirigieren und, wie der Kutscher in Bezug auf die Pferde, die Richtung zu beeinflussen vermöge.

RÉGIS suchte in seinem umfangreichen Werke dem Cartesianismus wissenschaftlichen und systematischen Charakter zu geben. In der Physik herrscht der volle Mechanismus, und im allgemeinen der engste Anschluss an DESCARTES, den RÉGIS nur verläſst, wo die inzwischen erfolgten Entdeckungen dies verlangen. Jedoch finden wir überall das Streben nach einer schärferen Scheidung der Begriffe, und dies macht sich besonders bei der Bewegungslehre bemerklich, in welcher DESCARTES Veranlassung gegeben hatte, die Ruhe als eine positive Kraft aufzufassen. Man sieht das Bestreben, der unklaren Vorstellung einer positiven Ruhe, welche REGIUS zur Substanzialisierung seiner „Hemmung" geführt hatte, einen mechanischen Sinn unterzulegen. Es ist dabei bezeichnend, wie hier an Stelle der aktuellen Bewegung überall schon der Begriff der bewegenden Kraft vorherrscht. RÉGIS unterscheidet *Mouvement formel* und *Mouvement efficient* oder *Force mouvante*. In der Ruhe ist nur die erstere aufgehoben, aber die letztere bleibt bestehen; es ist dieselbe Kraft, welche Ruhe und Bewegung verursacht. Der Unterschied ist nur der, daſs man bei der Bewegung die Kraft im bewegten Körper selbst betrachtet, dagegen bei der Ruhe die Kraft in den äuſseren Körpern, welche den ruhenden umgeben. Daher ist in der Ruhe so gut wie in der Bewegung eine positive Kraft und Aktion vorhanden.[2] Es ist jedoch zu unterscheiden zwischen der Ruhe, welche etwa ein Stein in der Mauer besitzt, und zwischen der Ruhe eines Kahns, der mit derselben Kraft von der Strömung abwärts und von dem Winde

---

[1] *Réponse au livre qui a pour titre: Censura philosophiae cartesianae*, Paris 1691.

[2] *Cours entier de philos.* etc. 1691. p. 306—308.

stromaufwärts getrieben wird. Diese Auffassung der Bewegung als Gleichgewichtszustand entgegengesetzter Kräfte erklärt, warum die Cartesianer derselben einen positiven Charakter zuschreiben. Régis versucht nun auch eine mathematische Bestimmung der Ruhe als Gröſse analog der Bewegungsgröſse, aber hierbei zeigt sich gerade noch das Unzureichende der mechanischen Begriffe. Die Gröſse der Bewegung wird definiert als Produkt aus der Gröſse des Körpers und seiner Geschwindigkeit; die Gröſse der Ruhe, welche von der Schwere abhängt, als Produkt aus der Gröſse des Körpers und seinem Gewicht. Dies gilt jedoch, wie Régis hervorhebt, nur von der Ruhe eines Körpers in jenem ersten Sinne, sofern sie von der Schwere abhängt; die Ruhe als Gleichgewichtszustand besitzt keine bestimmbare Quantität, „weil ihre ganze Natur wie in einem unteilbaren Punkte besteht", indem sie durch die geringste Kraft, die von irgend einer Seite mehr hinzukommt, aufgehoben wird.[1]

Die Gesetze der Zusammensetzung der Bewegungen, insbesondere des Stoſses, gibt Régis in berichtigter Weise an. Deshalb hat auch Clarke bei seiner neuen Ausgabe der Rohaultschen Physik (s. S. 410 Anm. 1) diese Gesetze dem Werke von Régis, auf das er sich überhaupt häufig bezieht, entnommen.[2]

Clauberg machte durch eine Reihe von Schriften die cartesianische Philosophie besonders schulgerecht. Seine *Physica contracta* gibt den Inhalt der cartesischen Physik in kurzen Sätzen systematisch geordnet. In den *Disputationes physicae* erläutert und verteidigt er einzelne Fragen der Physik und liefert in der *Paraphrasis in Renati des Cartes Meditationes de prima philosophia* eine ausführliche Umschreibung und Erklärung der cartesischen Gedanken im strengen Anschluſs an den Urheber. Zu den *Principien* hat er kurze Noten veröffentlicht und eine Verteidigung Descartes' gegen Jacob Revius und Cyriacus Lentulus geschrieben.[3]

In der Physik weicht Clauberg nicht von Descartes ab; nur bringt es die schulmäſsige Darstellung mit sich, daſs die

[1] A. a. O. p. 320. — [2] Rohaulti *Physica* 1729. p. 49.

[3] Alle die hier erwähnten Schriften sind enthalten in Joh. Claubergii *Opera omnia philosophica*, cura Joh. Theod. Schalbruchii. Amst. 1691. Die *Physica contracta* erschien zuerst 1664.

logische Gliederung wieder ein Vorherrschen logischer Begriffsbestimmungen nach sich zieht und daher mitunter an die Art erinnert, wie die Physik des ARISTOTELES behandelt wurde. Obwohl sich CLAUBERG dagegen verwahrt,[1] kann man sich doch dem Eindruck nicht verschliefsen, dafs nur DESCARTES an Stelle des ARISTOTELES getreten ist; eine mathematische oder empirische Erforschung der Erscheinungen selbst im Sinne wissenschaftlicher Physik findet nicht statt und in dieser Hinsicht auch keine Förderung des Körperproblems. Als die drei Grundgesetze der Natur stellt CLAUBERG folgende auf: 1. Jedes Ding verharrt in seinem Status der Ruhe oder Bewegung. 2. Jede Bewegung ist an sich geradlinig. 3. Ein Körper, der einem andren stärkern begegnet, verliert nichts von seiner Bewegung, einem weniger starken gegenüber verliert er so viel, als er überträgt.[2] Der Satz von der Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung ist also noch nicht erkannt.

In Bezug auf den Begriff der Ruhe konnten wir bei CLAUBERG die Auffassung derselben als positive Gröfse nicht konstatieren, obwohl er sie der Bewegung als gleichberechtigt gegenüberstellt, wie Identisches und Verschiedenes, Unveränderliches und Veränderliches.[3] Ruhe ist so wenig *Privatio* der Bewegung, wie Bewegung *Privatio* der Ruhe. Sie ist der „negative“ Widerstand und hat Quantität, welche in gewisser Weise der Ausdehnung des ruhenden Körpers entspricht.[4]

Dagegen finden wir die REGIUSsche Auffassung der Ruhe wieder in einem kleinen Kompendium von JOH. HENRICUS SVICERUS, der die cartesische Physik mit den aristotelischen Kunstausdrücken zu verbrämen sucht.[5] Materie und Form werden als Bestimmungen zur Unterscheidung der Arten, also mehr im logischen Sinne, zugelassen.[6] Die Form ist das

---

[1] *Opera* p. 88. num. 12.

[2] *Disputationes phys.* Disp. 19, p. 103. D. 21 p. 110. D. 22 p. 112.

[3] *Phys. contr.* p. 10. num. 232—235.

[4] A. a. O. p. 8. n. 201, p. 9. n. 213.

[5] JOH. HENRICI SVICERI, Ling. Graec. in Athen. Tigur. Professoris *Compendium Physicae Aristotelico-Cartesianae methodo erotematica in usum tyronum adornatum.* Adjecta est ad calcem Ontosophia Claubergiana in Theoremata et Axiomata succincte digesta. Basileae 1685.

[6] A. a. O. p. 14.

Prinzip der Körper nicht in Bezug auf das Sein überhaupt, sondern in Bezug auf das bestimmte Einzelsein.[1] Die Ruhe ist der Bewegung entgegengesetzt, sie ist etwas Positives wie die Bewegung, hat verschiedene Gröfse und hält die benachbarten Körperteilchen zusammen. Sie verändert die Bewegung und bewirkt Reflexion, wenn sie stärker ist als die Bewegung. Die Reflexion ist nicht eine neue Bewegung, sondern eine *Determinatio* der Bewegung.[2] Der Widerstand der Ruhe heifst dagegen negativ. Die vier aristotelischen Elemente bestehen aus den drei cartesischen.[3]

Noch mögen als Cartesianer genannt werden der Theologe Balthasar Bekker (1634—1698), der in seiner „Bezauberten Welt" *(De betoverde weereld,* Leeuwarden 1690) mit grofser Energie aus cartesischen Grundsätzen den Hexenglauben bekämpfte, Tobias Andreae (1604—1674), der Lehrer Claubergs, endlich Alex. Roëll (1653—1718) und Burcher de Volder (1643—1709),[4] der Herausgeber der *Opera posthuma* von Huygens (1703), welcher Descartes gegen Huet verteidigte.[5] In Bezug auf die Physik finden wir bei diesen Männern keine für die Entwickelung der Korpuskularphilosophie im speziellen in Betracht kommenden Gedanken; aber sie wirken durch ihre Richtung überhaupt für die Ausbreitung der mechanischen Auffassung der Natur.

Die korpuskulare Auffassung der Materie wird als ein der Anschauung genehmes Mittel zur Erklärung acceptiert. Die Ausschliefsung des Vacuums und der Atome hat sichtlich der cartesischen Korpuskulartheorie die Verbreitung wesentlich erleichtert, weil sie gestattete, die tieferen Fragen nach dem Problem des Körpers aufser acht zu lassen und eine oberflächliche Hypothesenbildung begünstigte, die freilich die Korpuskularphysik ihrem Verfall entgegenführte.

3. Cordemoy.

Infolge der ursprünglichen Unsicherheit der Substanzbestimmung durch Descartes erwies sich als wundester Punkt

[1] A. a. O. p. 19. — [2] A. a. O. p. 45—48. — [3] A. a. O. p. 72.

[4] *Disput. philos. de rerum naturalium principiis ut et de aëris gravitate.* Lugd. Bat. 1681.

[5] *Exercitationes academicae* etc. Amst. 1695. Vgl. S. 430.

seines Systems das Verhältnis der Wechselwirkung von Geist und Körper. Die von ihm vollzogene Trennung der denkenden und ausgedehnten Substanz hatte er durch die Annahme einer besonderen substanziellen Vereinigung derselben im Menschen vergeblich auszugleichen versucht. Die Wechselwirkung der unräumlichen und doch in der Zirbeldrüse lokalisierten Seele mit dem Körper konnte schon bei DESCARTES selbst nur durch den Hinzutritt göttlicher Einwirkung geschehen. Von diesem Gedanken nahmen die selbständigeren Denker seiner Schule den Ausgangspunkt, um die unter dem Namen des Occasionalismus bekannte Lösung des Problems dahin zu geben, daſs bei jedem einzelnen Willensakt und bei jeder einzelnen Bewegung ein unmittelbares Eingreifen Gottes stattfindet. Der erste, welcher diese Auffassung vertrat, war GERAUD DE CORDEMOY († 1684), der bereits im Jahre 1658 seinen Freunden, unter ihnen DE LA FORGE, wiederholt seine Ansicht mitteilte, bevor er sie (1666) in seinen *Dissertations philosophiques* veröffentlichte.[1] Nach CORDEMOY[2] besteht das Wesen der Substanzen darin, daſs sie völlig voneinander unabhängig sind, sie können daher in keiner Weise aufeinander einwirken. Demnach wäre Bewegung und somit Veränderung überhaupt nicht möglich, wenn nicht durch eine vermittelnde Substanz, durch Gott, bei jeder Gelegenheit die Übereinstimmung des Willens und der Bewegung unmittelbar veranlaſst würde.[3] Diese occasionalistische Lösung des Problems steht mit der Theorie der Materie in engster Verbindung, weil sie die Erörterung über die Möglichkeit der Mitteilung der Bewegung überhaupt voraussetzt. Jede sichere und bestimmte Fassung des Begriffs der Substanz als des für sich Bestehenden muſs schon an der Wechselwirkung der Körper Anstoſs nehmen. Denn wenn die körperliche Substanz eine einzige ist und keinerlei Einwirkung erfahren kann, so bleibt es unverständlich, wie die Individuation der

[1] Vgl. LUDW. STEIN, *Zur Genesis des Occasionalismus.* Arch. f. Gesch. d. Phil. 1888. I S. 56.

[2] *Les oeuvres* de Feu Monsieur DE CORDEMOY de l'Académie Françoise, conseiller du Roy etc. Paris 1704.

[3] Über die entsprechende Verursachung der Bewegung durch Gott bei DE LA FORGE vgl. H. SEYFARTH, *Louis de la Forge und seine Stellung zum Occasionalismus.* Gotha 1887.

Materie, die Mannigfaltigkeit der Körper zustande kommen soll. Geht man von einer mannigfaltig bewegten körperlichen Substanz aus, wie Descartes, so hat man eben keinen klaren Substanzbegriff, sondern man hat das Denkmittel der Wechselwirkung bereits mit in den Begriff aufgenommen. Es fehlt alsdann in dieser in sich zersplitterten Substanz an der Einheit, welche den vorhandenen Teilen ihren substanziellen Charakter garantiert. Daher führt diese Überlegung zu der Annahme einer Vielheit ursprünglicher körperlicher Substanzen und somit zurück zu Gassendi. Hier aber stockt das Problem wieder an der Begründung der Wechselwirkung dieser Substanzen, an der Möglichkeit der Bewegungsvermittelung. Das ist der Weg, auf welchem wir Cordemoy begriffen sehen.

Dieser scharfsinnige Mann durchschaute die Schwäche in der Theorie der Materie Descartes' und versuchte dieselbe zu verbessern, um das System des Meisters, dem er in den eigentlich physikalischen Fragen treu anhing, in seinen Grundlagen möglichst zu stärken. Und dies geschieht durch den Übergang zur Atomistik.[1]

Descartes hatte selbst, um die Beweglichkeit seiner subtilen Materie zu ermöglichen, von einer endlosen Teilung derselben sprechen müssen, welche etwas Unbegreifliches enthalte.[2] An diesem Fortgang ins Unendliche und dem mit oder ohne Willen ausgepreſsten Geständnis der Unbegreiflichkeit nimmt Cordemoy Anstoſs. Auch würde unter Aufrechterhaltung der cartesischen Hypothese die Individualität eines ruhenden Körpers sich nicht feststellen lassen, da der Körper mit den ihn berührenden Eins wird, während andrerseits im Verlauf der fortwährenden Veränderungen an den Grenzen von einer Dauer des Körpers nicht gesprochen werden kann.[3] Cordemoy will daher unter Materie zwar die sinnlich wahrnehmbaren Massen verstehen und ihr das Prädikat der Quantität zusprechen; der Körper als solcher aber muſs als einfache Substanz un-

---

[1] *Six discours sur la distinction et l'union du corps et de l'âme.* 1. Disc. p. 2. Vgl. Leibniz, *Système nouveau de la nature* etc. (1695), deutsch von R. Habs. Leipzig. S. 49. — Joh. Christ. Sturm, *Physica electiva*, Norimb. 1697. I p. 36 f., p. 136 f. — Bouillier I p. 524. — Damiron II p. 111.

[2] *Princ.* II, 35.

[3] 1. Disc. *Des corps et de la matière*, p. 7, 8.

teilbar sein, also keine Gröfse, sondern nur Ausdehnung besitzen. Unter Körpern versteht er daher nichts andres als Atome, ausgedehnte Substanzen. Da sie eine Vielheit darstellen, mufs die Ausdehnung eines jeden begrenzt sein; diese Grenze heifst Figur. Diese Figur gehört zur Substanz, die daher nicht teilbar sein kann, sondern wegen der Unveränderlichkeit ihrer Gestalt jeden andren Körper von sich ausschliefst; diese Eigenschaft heifst Undurchdringlichkeit. Der Ort (le lieu) ist die Beziehung, welche die Körper durch ihre Lage zu einander haben. Wenn diese Beziehung sich ändert, sind die Körper in Bewegung, wenn sie beharrt, so sind sie in Ruhe. Ein einzelner solcher Körper heifst ein Teil der Materie, mehrere unter sich vereint und von den übrigen gesondert betrachtet bilden eine Portion (*portion*, Molekel), eine gröfsere Ansammlung von Teilen oder Molekeln ohne gegenseitige Kohäsion einen Haufen (tas). Wenn sie untereinander gleiten und in beständiger Bewegung sind, bilden die Teile eine Flüssigkeit; bei keiner oder so geringer Bewegung, dafs sie nicht leicht getrennt werden, eine Masse.[1] Nur die Materie ist sinnlich wahrnehmbar und teilbar, die Körper jedoch nicht. Weil wir die Materie als teilbar kennen, ist der Irrtum entstanden, dafs alles Ausgedehnte teilbar sei,[2] während vielmehr umgekehrt die Masse nur darum ausgedehnt ist, weil sie aus an sich ausgedehnten Körpern besteht, und nur darum teilbar, weil sie nicht eine einzige, sondern eine Vielheit von Substanzen darstellt, welche getrennt existieren und somit voneinander trennbar sind. Die Gröfse der Materie hängt nur von der gröfseren oder geringeren Anzahl von Körpern (Korpuskeln) ab, die sie enthält.[3]

Zwischen den zu Haufen, Flüssigkeiten und Massen zusammengesetzten Körpern nimmt CORDEMOY Zwischenräume an, welche, sofern sie sichtbar sind, Gänge (trous), sofern sie mit dem Auge nicht wahrnehmbar sind, Poren (pores) heifsen. Es ist nicht notwendig, dafs dieselben sämtlich mit andern Körpern erfüllt sind. Sie sind nur nicht Substanz und haben insofern keine wahre Ausdehnung, sondern sind nichts, d. h. reine Modi, wie Lage oder Entfernung, welche den Körpern nur

---

[1] A. a. O. p. 2, 3. — [2] A. a. O. p. 3, 4. — [3] A. a. O. p. 12.

reine Beziehungen hinzufügen. Sie haben die Bedeutung, daſs Körper von wahrer Ausdehnung sich daselbst befinden können, nicht aber, daſs sie sich *actu* daselbst befinden.[1] Die erste Materie DESCARTES' kann nunmehr definiert werden als die Anhäufung der Körper (Atome), die zweite als die Anhäufung gleichartiger Portionen (Molekeln), die dritte als die Anhäufung solcher Molekeln, welche aus der Verbindung von Molekeln verschiedener Art entstanden sind.[2]

Mit dieser Auflösung der Materie in substanzielle Atome steht CORDEMOY infolge der Konsequenz des Substanzgedankens wieder vor dem von GASSENDI vergeblich in Angriff genommenen Problem der Wechselwirkung, und hier bietet sich ihm kein andrer Ausweg als derjenige vermittels des perpetuell durch Gott bewirkten Wunders, dem er mit dem Ausdruck der occasionellen Ursachen eine Art wissenschaftlichen Gewandes zu geben weiſs. Die mechanische Naturerklärung will er streng aufrecht erhalten. Es soll keine Veränderung in der Natur geben, die nicht auf räumliche Bewegung sich zurückführen lieſse.[3] Die feine Materie ist innerhalb der Natur die vermittelnde Ursache, welche alle Bewegung erhält und überträgt,[4] die sie von Gott bekommen hat. Aber diese Übertragung ist nicht weniger unerklärlich wie der Ursprung; auch sie erfordert das unausgesetzte Eingreifen Gottes. Der Körper könnte sehr wohl als Substanz erhalten bleiben, und doch seine Bewegung verlieren.[5] Was sie erhält und mitteilt, kann daher kein Körper sein, es muſs ein Geist sein; aber auch nicht ein endlicher Geist; wir wissen von unserm eigenen Körper, wie viele Bewegungen, z. B. des Herzens, der Atmung etc. es gibt, die wir willkürlich weder unterbrechen noch erzeugen können. Es muſs also ein unendlicher Geist sein, der die Bewegung bewirkt. Nur Gott ist imstande, die Wechselwirkung der Substanzen zu ermöglichen, sowohl der denkenden und ausgedehnten, als der ausgedehnten untereinander. Man sagt daher philosophisch richtiger, daſs der Körper nicht von, sondern

[1] A. a. O. p. 13, 14. — [2] A. a. O. p. 14, 15.
[3] 2. Disc. *Du mouvement et du repos*, p. 22.
[4] 3. Disc. *Des machines naturelles et artificielles.*
[5] 4. Disc. *De la première cause du mouvement*, p. 57. Axiome 2.

durch den Körper bewegt wird. Die Berührung der Körper ist die Gelegenheit, bei welcher ein zweiter Körper durch die Ursache, welche den ersten bewegte, ebenfalls bewegt wird, und man soll sie nicht für die Ursache ansehen.[1]

Wir sehen hier, wie die Unbegreiflichkeit der Wechselwirkung der Atome dazu zwingt, auf das unmittelbare Eingreifen Gottes zu rekurrieren; dies ist der Grund, warum LEIBNIZ von der Atomistik behauptete, daſs sie ein unausgesetztes Wunder in Anspruch nähme. Wer die Mitteilung der Bewegung anders begreifen will als durch ein Gesetz, das seine Realität in einem besonderen Denkmittel besitzt, steht hier vor dem Rätsel. Der konsequente Mechanismus schlägt in das konsequente Wunder um. Wegen dieses Ausweges aus dem Dilemma der Wechselwirkung der Substanzen haben wir CORDEMOY in die Reihe derjenigen Cartesianer zu setzen, welche zur Auflösung der mechanischen Naturauffassung beitragen. Das Problem der Bewegung, um welches es sich nunmehr handelt, wird durch ihn nicht gefördert. Dagegen muſs man anerkennen, daſs er dem Begriffe der körperlichen Substanz, offenbar unter dem Einflusse GASSENDIS, einen viel adäquateren Ausdruck gibt als DESCARTES. Es ist der einzige Weg, welcher zu einer befriedigenden Lösung des Körperproblems führt, daſs man nicht von der Materie, sondern von dem Einzelkörper ausgeht. Und dies thut CORDEMOY. Substanz ist der Einzelkörper, das Atom; die Materie ist erst die Gesamtheit der Atome. Die unvermeidlichen Schwierigkeiten der Fluiditätstheorie sind damit erledigt. Es ist kein Zweifel, daſs diese Fassung der Einzelsubstanz von wesentlichem Einfluſs auf die Entstehung des LEIBNIZschen Monadenbegriffs war. Auch schon die fehlerhafte Verquickung des Begriffs des Einfachen mit dem der Substanz findet sich bei CORDEMOY. Man darf daher diesem Manne wohl eine gröſsere Beachtung zubilligen, als er bisher gefunden zu haben scheint.

CORDEMOY ist ein bezeichnendes Beispiel für die fortwährende Wechselwirkung, in welcher die Theorie der Materie mit den metaphysischen Fragen steht, und seine Lehre zeigt aufs neue, wie zwar im Grunde über Atomistik oder Fluiditäts-

---

[1] A. a. O. p. 63.

theorie, Mechanismus oder Dynamismus das metaphysische Interesse entscheidet, aber gerade darum der Zustand der Physik, welcher über die Verwendbarkeit der einzelnen Theorien urteilt, ein beständig wirksames Gärungsmittel für den metaphysischen Prozefs bildet. Hier sehen wir aus der Reinigung des Substanzbegriffes den Atomismus hervorgehen und Descartes' feine Materie, die zwischen atomistischen und Fluiditätsprinzipien schwankt, in substanzielle Einheiten aufgelöst. Der zweite Hauptvertreter des Occasionalismus — wenn wir von Geulincx absehen, der für uns von keiner weiteren Bedeutung ist[1] — zeigt gerade das umgekehrte Bild. Bei Malebranche wirken metaphysische Ideen auf die cartesische Physik derartig ein, dafs sie in Fluiditätstheorie umschlägt.

4. Malebranche.

Der augustinische Gedanke, dafs Gott als die *summa essentia* das eigentliche und einzige Prinzip des Seins und Erkennens sei, bedeutete für das ganze Mittelalter die Wertlosigkeit der Physik. Nun aber war die Macht der Naturerkenntnis eine Thatsache geworden, mit welcher gerechnet werden mufste. Die Wahrung jenes augustinischen Grundgedankens unter gleichzeitiger Anerkennung und Förderung des Naturerkennens er-

[1] Arnoldi Geulincx, *Compendium physicae* illustratum a Casparo Langenhert. Francquerae 1688. Die Physik von Geulincx (1625—1669) unterscheidet sich von der cartesischen aufser durch die Lehre, dafs die Bewegung nur durch Gott mitgeteilt werden kann, durch einige fast gesuchte Unklarheiten im Ausdruck und einen Mifsbrauch des Begriffs der unendlichen Teilbarkeit, um daraus auf die Unmöglichkeit der Bewegung durch eine endliche Macht zu schliefsen. Bewegung definiert er als *conjunctio viciniae atque distantiae ejusdem ad idem* (p. 44). „Ein und dasselbe kann zugleich ruhen und bewegt werden," womit die Relativität der Bewegung gemeint ist (p. 87). Der Körper kann nur von einem Geist bewegt werden; der Modus, wie dies geschieht, ist „dunkel", da weder Wille noch Intellect Bewegung hervorbringen können (p. 107). Zur Bewegung gehört eine unendliche Kraft, wegen des Widerstandes der unendlich vielen Teile des Körpers, daher kann nur Gott die Bewegung hervorbringen (p. 111—113). Das Mafs der Bewegung hängt ganz von Gott ab (p. 115), bleibt aber in der Welt erhalten (p. 132), ebenso wie die vorhandene Ruhe (p. 136). Auch die Erregung der Sinnesempfindungen bei Gelegenheit der Bewegung des Körpers hängt von Gott ab (p. 127).

möglichte sich aus derselben Unbestimmtheit des cartesischen Substanzbegriffs, welcher Cordemoy zum atomistischen Occasionalismus führte, dagegen den Pater Malebranche zu einer ganz analogen Ausbildung des Substanzbegriffs, wie ihn Spinoza aufstellte. Nicole Malebranche (1638—1715) war schon frühzeitig (1661) in den vom Kardinal Berulle, dem Freunde Descartes', gegründeten Orden der „Kongregation der Väter vom Oratorium Jesu" eingetreten, in welchem vom Standpunkte Augustins aus die wissenschaftliche Ausbildung der Kirchenlehre erstrebt wurde. Als er später (1664) die cartesische Philosophie kennen lernte, bot sich dem scharfsinnigen Manne die Gelegenheit, das theologische Interesse mit der mechanischen Naturlehre zu verbinden, wodurch zwar thatsächlich die letztere aufgehoben wurde, dennoch aber in ihrem praktischen Werte für die Physik bestehen bleiben konnte. Dieses Verbindungsglied bot der Occasionalismus dar. Nur legte Malebranche das Hauptgewicht nicht auf die Untersuchung des Substanzbegriffs, sondern auf die Mitteilung und Erhaltung der Bewegung, und der Kunstgriff bestand darin, die natürliche Ursache des Stofses der Körper aufzufassen als „Gelegenheitsursache". Auch nach Descartes stammte ja alle Bewegung von Gott, es kam nur darauf an, alle bewegende Kraft unmittelbar auf Gott zurückzuführen, alle vermittelnden Kräfte in der Natur als „heidnisch" auszuschliefsen. Malebranche betont daher noch ausdrücklicher als Cordemoy, dafs jede Bewegung der Körper, jede Veränderung ihrer Bewegung, unmittelbar durch den Willen Gottes geschieht. Die natürlichen Ursachen sind keine reellen Ursachen, sondern nur die gelegentlichen, bei denen Gott gerade in dieser und keiner andren Weise die Bewegung des Körpers will. Gott will die Gesetze der Bewegungen, und so finden sie statt. In den Körpern selbst liegen keine Kräfte und keine Ursachen zu Veränderungen, die Körper wirken weder aufeinander, noch auf die Geister. Damit ist nun freilich die Kausalität, die Bedingung aller wissenschaftlichen Naturerkenntnis, aus der Welt ausgeschlossen. Aber der Glaube führt sie in Gestalt eines perpetuellen Wunders wieder ein. Man mag immer die Gesetze der Körperwelt erforschen, als beruhten sie auf natürlichen Ursachen; der Weltlauf wird darum nicht unbestimmt, nur ist seine Ge-

setzlichkeit aus der Natur in die unendliche und ewige Thätigkeit Gottes gerückt. Und hierdurch gewinnt in der That, wenn man sich entschlieſsen kann, diese Kluft des Denkens zu überspringen, die Erforschung der Natur wieder eine gewisse Garantie für die Möglichkeit der Erkenntnis. Denn die Körper haben nunmehr ein Fundament für die Gesetzlichkeit ihrer Bewegungen in der einheitlichen Substanzialität Gottes. In ihm sind sie, zwar nicht als Körper, aber als Ideen. Und dadurch gerade ist ihre Erkenntnis möglich, ja sogar eine adäquatere Erkenntnis, als wir sie von unsrer Seele und andern Geistern erlangen. In der Unendlichkeit Gottes schauen wir die Idee der Ausdehnung und ihre Modifikationen, und während wir von unsern und andern Geistern Vorstellungen nur nach Analogie unsres eigenen Körpers haben, besitzen wir von den Körpern durch die Vermittlung in Gott ein adäquates Wissen. Wir erkennen die wirkliche Welt, weil die Allmacht Gottes die Ideen derselben in Wirklichkeit umschafft.

Diese Verlegung der körperlichen Wirkungen in die unmittelbare Thätigkeit, den positiven Willen Gottes hat eine Modifikation der cartesischen Physik zufolge, durch welche dieselbe zu einer konsequenten Fluiditätstheorie wird. Das Zusammenwirken theologischer und physikalischer Motive ist bei LEIBNIZ und NEWTON ebenso zweifellos, wie bei MALEBRANCHE. Während aber bei ersteren die Entdeckung dynamischer Gesetze — bei LEIBNIZ die Erhaltung der nach dem Quadrate der Geschwindigkeit geschätzten Bewegung, bei NEWTON das Gravitationsgesetz — der willkommene Anlaſs zu einer metaphysischen Deutung im theologischen Interesse wird, sehen wir bei MALEBRANCHE umgekehrt die Verlegung der physischen Ursachen in den Willen Gottes zum Beweggrunde werden, die cartesische Materie umzugestalten.

Wir hatten gesehen, daſs von DESCARTES selbst wie noch mehr in seiner Schule der Ruhe der Wert einer positiven Kraft zuerteilt worden war. Der Zusammenhang der Körper war nichts andres als die Ruhe ihrer Teile, nur die Bewegung differenzierte die Körper. Dadurch war jeder Körper, dessen Teile nicht relativ zu einander bewegt waren, starr. Wenn aber nach MALEBRANCHE zu jeder Kraftwirkung ein positiver Wille Gottes nötig ist, so müſste, wenn die Ruhe eine solche

positive Kraft besäfse, auch die Ruhe von Gott gewollt werden.

Wenn nun Gott will, dafs Materie ist, so braucht er damit noch nicht zu wollen, dafs sie bewegt ist. Die blofse Existenz der Materie durch Gottes Willen setzt daher die Materie als ruhend; zur Bewegung bedarf es eines besonderen Willensakts Gottes, nicht aber zur Ruhe. Eine Kugel bewegt sich, so lange Gott es will; hört Gott auf, die Bewegung zu wollen, so tritt damit die Ruhe von selbst ein. Die Ruhe hat keine Kraft, die sie verursacht.[1]

Hat aber die Ruhe keine positive Kraft, so kann sie auch keiner Bewegung widerstehen; selbst die kleinste Bewegung mufs imstande sein, auch den gröfsten Körper zu bewegen. Dies beweist Malebranche aus einer Reihe von Erfahrungen.[2] Er gewinnt hierdurch offenbar eine richtigere Auffassung von der Übertragung der Bewegung und erklärt daher die vierte, sechste und siebente Stofsregel Descartes' für falsch. So in der ersten Auflage der *Recherche de la vérité*,[3] in welcher er noch ganz an dem cartesischen Satze von der Erhaltung der Bewegungsgröfse beim Stofse festhält. Später beginnt er, offenbar unter dem Einflusse von Huygens und Leibniz, daran zu zweifeln.[4] „Was ich jedoch vor 30 Jahren in dem letzten Kapitel der *Untersuchung über die Wahrheit* geschrieben habe, scheint mir jetzt nicht mehr der Wahrheit entsprechend. Sicherlich kann man in diesem Fall das Wahre nur durch die Erfahrung entdecken. Denn wir vermögen doch nicht in die Absichten des Schöpfers einzudringen, und es hängt doch einzig und allein von dem freien Willen Gottes ab, ob er eine gleiche Quantität der Bewegung in der Welt erhalten will, oder nicht. Wir können uns also hierüber nur durch die Art der Offenbarung belehren, welche die Versuche uns darbieten. Früher achtete ich zu wenig auf die Versuche, welche von gelehrten und geschickten Männern in Bezug auf den Stofs

---

[1] *De la Recherche de la vérité.* Paris 1678. c. VI. c. 9. p. 465 ff.
[2] A. a. O. p. 469 ff.
[3] A. a. O. p. 487.
[4] In dem den späteren Auflagen zugefügten Anhange: *Loix générales de la communication des mouvements.*

der Körper angestellt sind; und ich traute ihnen nicht, weil ich zu sehr für die cartesischen Prinzipien eingenommen war."[1]

Weiter aber folgt aus dem negativen Begriff der Ruhe die Notwendigkeit der Umänderung eines Hauptelements der cartesischen Theorie der Materie. Die Ruhe kann nicht mehr die Ursache der Kohäsion sein. Ruhende Materie besitzt keinen Zusammenhang der Teile, alle Festigkeit kann nur auf Bewegung beruhen. Damit ist die Theorie der Materie DESCARTES' in eine Fluiditätstheorie übergeführt, und da MALEBRANCHE keine Atome anerkennt, sondern die Materie ins Unendliche teilbar ist, so stimmt seine Erklärung der Festigkeit mit derjenigen von LEIBNIZ überein.[2] Alle Festigkeit beruht im letzten Grunde auf dem Stofs und Druck der sie umgebenden, heftig bewegten äufseren Materie.[3] MALEBRANCHE will jedoch keineswegs die Physik DESCARTES' aufheben, vielmehr spricht er es ausdrücklich als seine Absicht aus, das Allgemeine seines Systems zu vervollkommnen, um auch physikalische Fragen durch dasselbe zu lösen, welche DESCARTES nicht bewältigen konnte.[4] Zu diesem Zwecke sucht er die Kügelchen des zweiten Elements zu retten und sie zugleich für die Erklärungen des Lichts und der Farben brauchbar zu machen.

Wenn die kleinen Kügelchen des zweiten Elements an sich selbst hart wären, und das Licht in der Fortpflanzung ihres Druckes, die Farben in ihrer verschiedenen Rotation beständen,

---

[1] *Loix de mouvements*, nach SCHALLER, I S. 325, 326.

[2] MALEBRANCHE gegenüber nimmt LEIBNIZ für sich und den Engländer WILLIAM NEIL (1637—1670) die Priorität in Bezug auf die Erklärung der Kohäsion durch den *motus conspirans* in Anspruch (Brief an HARTSOEKER, *Phil. Schr.* III p. 500).

[3] *De la recherche de la vérité* (1678) p. 476: Je dis doncque ce qui fait que les parties des corps durs, et de ces petits liens dont j'ai parlé auparavant, sont si fort unies les unes avec les autres, c'est qu'il y a d'autres petits corps au dehors infinement plus agitez que l'air grossier que nous respirons, qui les poussent et qui les compriment: et que ce qui fait que nous avons de la peine à les séparer n'est pas leur repos, mais l'agitation de ces petits corps qui les environnent, et qui les compriment.

[4] *Réflexions sur la lumière et les couleurs, et la génération du feu. Hist. de l'Académie Royal des sciences.* 1699. p. 32, 33. Diese Abhandlung ist aufgenommen in das *Eclaircissement XVI.* der späteren Ausgaben. (Paris 1721, Tom. IV.)

so würden sie das Licht und die verschiedenen Farben nicht durch denselben Punkt durchlassen, wo die Strahlen sich kreuzen.[1] MALEBRANCHE gibt daher eine andre Theorie des Lichtes, welche vom gröfsten Interesse ist. Zunächst sind die Kügelchen des zweiten Elements nicht starr, sondern sie sind selbst nichts andres als äufserst kleine Wirbel des Äthers, welche durch den Druck und die Agitation des äufsern Äthers Kohäsion und zugleich Elasticität besitzen. Das Licht besteht nicht in der einfachen Fortpflanzung des Druckes, sondern in einem regelmäfsig mit aufserordentlicher Geschwindigkeit intermittierenden Drucke, in Vibrationen des Drucks (Vibrations de pression); und die Farben bestehen in der gröfseren oder geringeren Geschwindigkeit dieser Vibrationen.[2] Es findet beim Licht ganz dasselbe statt, wie beim Schall, nur dafs es sich nicht um Schwingungen der gröberen Luft, sondern der feinen Materie, des Äthers, handelt, welche, weil sie unter viel gröfserem Druck als die Luft steht, auch mit viel gröfserer Geschwindigkeit schwingt und die Schwingungen fortpflanzt. Wie die Stärke des Tons von der geringeren oder gröfseren Kraft, die Höhe von der Schnelligkeit (promptitude) der Schwingungen abhängt, ebenso hängt die Helligkeit der Farben von der Kraft der Schwingungen des Äthers, ihre Verschiedenartigkeit aber nur von der Schnelligkeit derselben ab. Er nimmt an, dafs die Schnelligkeit der Vibrationen im Weifs am gröfsten ist, und die Farben in der Reihe: Gelb, Rot, Blau, Schwarz ihrer Vibrationsgeschwindigkeit nach folgen. Er schliefst dies aus der Reihenfolge der Farben in den Nachbildern der Sonne, indem er glaubt, dafs der Farbenwechsel von der Abnahme der Vibrationsgeschwindigkeit in der Netzhaut herrühre. Doch scheint es ihm weder durch dieses noch durch ein andres Mittel möglich, die Verhältnisse der Vibrationsgeschwindigkeiten bei den Farben so zu entdecken, wie man sie bei den Tönen kennt.[3]

Diese überraschend divinatorische Vibrationstheorie der Farben, welche die HUYGENSsche Undulationstheorie zu ergänzen

---

[1] *Réflexions, Hist. de l'Acad.* 1699 p. 21, 29.

[2] A. a. O. p. 23. MALEBRANCHE verweist bereits auf seine *Entretiens sur la Métaphysique.* 12. Entr. n. 1. (Erschienen 1688.)

[3] *Réflex.* p. 26, 27.

geeignet war, den neuern Geschichtsschreibern der Physik jedoch, trotz GOETHES Bericht über dieselbe,[1] ganz entgangen zu sein scheint, bietet offenbar eine sehr wesentliche Verbesserung der cartesischen Theorie der Materie. MALEBRANCHE benutzt seine molekularen Wirbel noch weiter zur Erklärung des Feuers, indem er annimmt, daſs die Entzündung auf der Zerstörung dieser Wirbel und der dadurch frei werdenden Bewegung des in den Wirbeln rotierenden Äthers beruht.[2]

Wichtiger jedoch als diese physikalischen Folgerungen ist die allgemeine Bemerkung, die sich an den Ausgang der cartesischen Theorie der Materie in MALEBRANCHE schlieſst. Eine Korpuskulartheorie, die nicht auf der gassendischen Grundlage der Atomistik ruht, kann sich nicht halten. Die Solidität der Korpuskeln ist nicht herzustellen, und so ergibt sich als Resultat die Fluiditätstheorie. Aber auch diese kann wiederum der Korpuskeln nicht entbehren; sie muſs die Identität der Teile der Materie, die Kohäsion der ersten Partikeln auf die Bewegung zurückführen; hier jedoch entstehen alle die Schwierigkeiten, welche wir bei HOBBES erörtert haben. Für die praktische Verwendung der Korpuskeln in der Physik bietet indessen die Vorstellung molekularer Wirbel eine genügende Aushilfe, um die Kohäsion fester Teilchen zu ersetzen; und es ergibt sich dabei für die Biegsamkeit der Hypothesen noch der Vorteil, daſs diese Korpuskeln nicht nur als elastisch vorgestellt werden können, sondern unter Umständen auch als auflösbar in ihre subtilen Teilchen, so daſs die rotatorische Energie derselben nach Wunsch benutzt werden kann, um das Auftreten plötzlicher Kraftäuſserungen zu erklären. In dieser Hinsicht steht MALEBRANCHES Hypothese, die sich mit LEIBNIZ' kinetischer Theorie der Bläschen, welche nichts andres sind, als kleine Wirbel ohne Kern (nucleo demto), nahe berührt, immer noch bedeutend über jenen roheren Auswüchsen der Korpuskulartheorie, die sich in der Ausschmückung der Korpuskeln mit phantastischen Gestalten gefällt. Ja sie enthält sogar die Möglichkeit einer mathematischen Ausbildung und würde, abgesehen von der erkenntniskritischen Unhaltbarkeit

[1] *Mat. z. Gesch. d. Farbenl.* Bd. XV. S. 554 f.
[2] *Réflex.* p. 34 f.

der Fluiditätstheorien, in die fortschreitende Entwickelung der Theorie der Materie zu stellen sein, wenn nicht MALEBRANCHES metaphysischer Ausgangspunkt dieselbe als eine Reaktion gegen die mechanische Naturerklärung erkennen liefse.

5. Joh. Christoph Sturm.

Die Selbstauflösung der cartesischen Theorie der Materie in die vollständige Gleichgiltigkeit gegen die fundamentalen Festsetzungen derselben, unter blofser Hervorhebung der reinen Passivität der Materie, kann man bei dem Altorfer Professor STURM wahrnehmen.

JOHANN CHRISTOPH STURM (1635—1703), als Mathematiker und Physiker ein Gelehrter von Ruf und Ansehen, bekennt sich offen zum Eklekticismus, berührt sich jedoch in seiner Auffassung des Verhältnisses von Körper und Geist am nächsten mit MALEBRANCHE. In seiner „*vermittelnden Physik*“[1] meint er, dafs ARISTOTELES und DESCARTES beide in der Frage nach der Materie auf die von Gott geteilte Ausdehnung zurückkommen.[2] Da die Materie nur die Ausdehnung ist, nur der Teilbarkeit fähig und durchaus passiv, so mufs es Formen geben, und es mufs ein gewisses Wesen (ens) über und aufser der Natur bestehen, um die ausgedehnte und unbestimmte Materie in unendlich feine Teile zu teilen, die getrennten in unzähligen Modis zu bewegen, zu transponieren, zu verknüpfen; dieses Wesen ist Gott. Die Formen sind nicht absolute Entitäten, sondern Ergebnisse der wechselseitigen Verknüpfung und Beziehung der Teilchen, jeder Körpergattung eigentümliche *Habitudines*, angemessen und geeignet für jede besondere Funktion.[3] Er glaubt, dafs in dieser Weise die gesamte korpuskulare Erklärung mit ARISTOTELES versöhnbar sei, und dafs es sich im Grunde nur um Namensunterschiede handle.

Kritischer und mit Sorgfalt ins Einzelne gehend führt er seine konziliatorischen Tendenzen durch in seiner sehr umfang-

[1] *Physicae conciliatricis per generalem pariter ac specialem partem Conanima* succinctis aphorismis adumbrata et publice ventilata a JOH. CRISTOPHORO STURMIO Philos. Nat. et Math. P. P. Norimbergae 1687.

[2] A. a. O. p. 29. — [3] A. a. O. p. 33—37.

reichen *Physica electiva*,[1] deren zweiter Band erst nach Sturms Tode erschien. Dieses Werk verdient Beachtung, weniger wegen der darin dargelegten Ansichten des Verfassers, als vielmehr wegen der Fülle historischen Materials. Sturm hält nämlich das Verfahren inne, daſs er zunächst die in Betracht kommenden Phänomene beschreibt, und darauf eine Darstellung der ihm bekannten Hypothesen über die zu behandelnde Frage gibt; er bespricht zuerst die aristotelischen und scholastischen, sodann die cartesischen und gassendistischen Erklärungen und führt dabei eine groſse Anzahl seiner Zeitgenossen mit ihren abweichenden Ansichten und in gewissenhafter Berichterstattung auf. Sodann erstrebt er eine „Eklexis" der bessern Hypothese durch eine Art „Analysis", um durch passende Auswahl die zutreffendste Erklärung zu gewinnen, und aus den so gefundenen angemessensten Voraussetzungen wird schlieſslich durch eine „Synthesis" die Ableitung der Phänomene versucht.

In Beziehung auf die Theorie der Materie erklärt er, daſs die *prima materia* den Physiker nur insoweit zu kümmern habe, als die Festsetzungen über dieselbe zur Erklärung der Naturerscheinungen ausreichen müssen. In dieser Hinsicht werde niemand im Zweifel sein, daſs die Materie, welche in der Physik in Betracht kommt, jene äuſserst kleinen Korpuskeln seien, sowohl die unorganischen, aus deren Vereinigung die Elemente entstanden sind, als die organischen, welche alle Keime der Pflanzen und Tiere enthalten, anfänglich ohne Ordnung und Zusammenhang.[2] Die Bewegung kann jedoch weder durch einen Körper noch durch einen endlichen Geist, sondern allein durch den freien und unendlich mächtigen Willen Gottes hervorgerufen werden. Es gibt keine rein physische, aus Notwendigkeit wirkende, sondern nur eine exigitive Ursache des Ursprungs und der Übertragung der Bewegung.[3] Denn Bewegung ist nur ein Modus der Existenz der Materie und, wie

[1] Joh. Christophori Sturmii etc. *Physica Electiva sive hypothetica.* Tomus primus, partem physicae generalem complexus, Norimbergae 1697. Tomus secundus, partem physicae specialem complectens, cum praefatione Christiani Wolfii, Norimb. 1722. Seine eigene Ansichten finden sich zusammengestellt unter dem Titel *Physicae generalis usus metaphysicus aut theosophicus et moralis*, T. I p. 827 ff.

[2] *Phys. el.* I p. 42, 43. — [3] A. a. O. p. 161.

diese, vom Willen Gottes abhängig; zu bewirken, dafs ein Ding in mehreren Orten nacheinander besteht (d. h. sich bewegt), ist, wenn nicht mehr, so doch auch nicht weniger, als machen, dafs ein Ding, das vorher nicht da war, jetzt einfach existiert. Wenn man sagt, dafs ein Körper einen andern stöfst und bewegt, so bedeutet dies nur, dafs er die Veranlassung (occasio) wird, dafs durch seine Vermittelung die göttliche Kraft den andern Körper bewegt.[1]

6. Jacob Bernoulli und Hartsoeker.

Wir schliefsen an STURMS Versuch, die Unterschiede der cartesischen und atomistischen Theorien zu verwischen, noch die Hypothesen von JACOB BERNOULLI, HARTSOEKER und JOHANN BERNOULLI. Obgleich diese eigentlich in die speziellere physikalische Entwickelung gehören, wollen wir ihnen doch hier eine Stelle einräumen, um damit die letzten Umgestaltungen zu kennzeichnen, welche die cartesische Materie in der Physik erfuhr.

Waren in dem Streben, die cartesischen Prinzipien der Physik aufrecht zu erhalten, CORDEMOY zur Atomistik, MALEBRANCHE zur Fluiditätstheorie abgefallen, so suchten der berühmte Mathematiker JACOB I BERNOULLI (1654/55—1705) und der um die Optik verdiente Physiker NICOLAS HARTSOEKER (1656—1725) den Ausweg in einer Vereinigung von beiden.

JACOB BERNOULLI war durch die Schrift des Cartesianers BURCHER DE VOLDER[2] über die Schwere der Luft zu seiner Jugendarbeit *De gravitate aetheris*[3] angeregt worden,[4] welcher alle Übertragung von Bewegung nur durch Stofs oder unmittelbare Verbindung erklären wollte. Die Ansichten von MALEBRANCHE lernte BERNOULLI genauer erst nach Beendigung seiner Arbeit kennen,[5] dagegen waren BOYLEs Arbeiten auf ihn von grofsem Einflusse. BERNOULLI hält die cartesische Annahme, dafs die Ursache der Kohäsion in der Ruhe der Teilchen liege,

---

[1] A. a. O. p. 855, 856. — [2] S. oben S. 415.

[3] Zuerst Amst. 1683. In JACOBI BERNOULLI Basiliensis *Opera*, Genevae 1744, I p. 45—163.

[4] *Op.* I p. 56. — [5] *Op.* I p. 51.

für eine *petitio principii*; sie besage nur, ein Teil werde nicht bewegt, weil er ruhe, denn getrennt werden heifst nichts andres als relativ bewegt werden.[1] Seine eigene Theorie der Schwere und Kohäsion besteht in Folgendem. Die Erde, sowie die übrigen Planeten und die Sonne, sind von einem den ganzen Weltraum erfüllenden kontinuierlichen Äther umgeben, dessen Teilchen eine doppelte ihnen von Gott ursprünglich mitgeteilte Bewegung besitzen. Die erste Grundbewegung ist eine allgemeine, stets in demselben Sinne um ein gemeinsames Zentrum (z. B. das der Erde) gerichtete Wirbelbewegung, die zweite ist eine jedem Teilchen insbesondere zukommende Eigenschaft, nach allen Seiten auf unendlich viel verschiedene Weisen bewegt zu werden. Erstere ist die Ursache der Schwere, letztere die der Elasticität.[2] Die Kohäsion der Körper beruht auf dem Druck des Äthers.[3] Die atmosphärische Luft ist kein homogener Körper, sondern sie besteht aus terrestrischen, ziemlich zerstreuten Teilchen, welche in ihren ungefähr gleichen Intervallen eine noch gröfsere Menge der sehr feinen ätherischen Materie umschliefsen. Ihre Dichtigkeit hängt von dem Verhältnis der terrestrischen zu den ätherischen Teilchen ab, eine Verdichtung entspricht dem Austreiben der letzeren.[4] Vermöge ihrer natürlichen Konsistenz oder Laxität leistet sie dem Drucke der ganzen über ihr lastenden Atmosphäre Widerstand, und darin beruht ihre Elasticität. Der Unterschied zwischen flüssigen und festen Körpern besteht nicht in der Bewegung der ersteren und der Ruhe der letzteren; wenn auch erstere meist bewegt sind, letztere ruhend, brauchen diese doch nicht absolut zu ruhen.[5] Vielmehr unterscheiden sich die flüssigen Körper von den festen dadurch, dafs ihre im allgemeinen abgerundeten Teilchen von einander getrennt wie Inseln im Meere des Äthers schwimmen, während die Teilchen der festen Körper sich gegenseitig berühren. Infolge dessen sind die ersteren beweglich und leicht trennbar, letztere dagegen werden durch den Druck des Äthers, welcher nicht zwischen die sich berührenden Teilchen dringen kann, je nach der Gröfse ihrer Berührungsflächen mehr oder weniger fest zusammen-

---

[1] *Op.* I p. 67. — [2] *Op.* I p. 83, 84. — [3] *Op.* I p. 106.
[4] *Op.* I p. 90. — [5] *Op.* I p. 122.

gehalten. Jedoch befinden sich zwischen den sich berührenden Teilchen der festen Körper Poren, die vom Äther, sowie auch von andern Körpern erfüllt sind, so daſs die Teilchen der festen Körper gewissermaſsen einen Kontinent darstellen, der durch zahlreiche Kanäle durchzogen ist, die aber ihrerseits wieder überbrückt sind.[1] Infolge dessen kann der Äther zwar alle festen Körper durchdringen, ihre Teilchen aber nicht trennen. So durchdringt er z. B. beim TORRICELLIschen Versuche die Gefäſswände, so daſs nur der Luftdruck die Quecksilbersäule trägt, während der viel gewaltigere Ätherdruck die Kohäsion der festen Körper verursacht. Auf Grund dieser Annahmen sucht BERNOULLI sämtliche Erfahrungsthatsachen zu erklären.

Verwandt mit den Hypothesen BERNOULLIS sind diejenigen von NICOLAS HARTSOEKER. Er nimmt an, daſs das ganze Universum ohne Grenzen von einer einzigen Substanz erfüllt ist, welche in zwei Arten des Seins zerfällt, die er das erste und das zweite Element nennt.[2] Das erste Element ist unendlich ausgedehnt, vollständig homogen, absolut flüssig und in jedem Punkte in beständiger Bewegung, ohne daſs je ein Teil desselben vollständig von dem andern getrennt werden könnte. Das zweite Element dagegen besteht aus absolut harten und undurchdringlichen Korpuskeln, unendlich an Zahl und verschieden an Figur und Gröſse. Diese schwimmen dergestalt in dem ersten Element, daſs sie einander niemals berühren können, weil es unmöglich ist, daſs das erste Element den Zwischenraum zwischen zwei Korpuskeln ganz verlassen könnte. Denn das Entweichen der dazwischen liegenden Teilchen kann immer nur successive geschehen, nicht auf einmal, was zur Berührung der Korpuskeln nötig wäre, wenn, wie vorausgesetzt, es keinen leeren Raum gibt. HARTSOEKER hielt seine Annahmen für notwendig, weil, wie er nachweist, weder eine

---

[1] *Op.* I p. 119 f.

[2] *Principes de physique.* Paris 1696, p. 1 ff. Seine Hypothesen teilweise schon in *Essai de dioptrique*, Paris 1694. Seine späteren Schriften sowie sein Briefwechsel mit LEIBNIZ (1706—1712) reichen bereits über den hier zu betrachtenden Zeitabschnitt hinaus. Die Korrespondenz mit LEIBNIZ ist für die Stellung des letzteren zur Atomistik von groſsem Interesse, obwohl die Grundgedanken bereits HUYGENS gegenüber entwickelt wurden. S. LEIBNIZ' *Phil. Schr.* III p. 488—535.

einzige absolut flüssige, noch eine einzige absolut starre Substanz imstande ist, die Erscheinungen zu erklären. Es werden nun mit Hilfe der Gesetze des Stoſses die Bewegungen untersucht, welche die starren, in dem bewegten flüssigen Äther schwimmenden Korpuskeln erleiden müssen. Da beim Stoſse die Geschwindigkeit der Körper um so gröſser wird, je kleiner der Körper ist, so werden die kleinen Partikeln sich von den gröſseren trennen und sich nach auſsen hin entfernen, während sie die gröſseren nach der Mitte hin treiben.[1] Hieraus erklärt sich die Bildung der Weltkörper und die Schwere, deren Beschleunigung aus den sich summierenden Stöſsen entsteht. Die Kohäsion der Körper wird aus dem Druck der Schwere unter Zuhilfenahme der Gestalt der Korpuskeln begründet, welche bei den festen Körpern durch Hervorragungen das Gleiten verhindern, dagegen bei den flüssigen durch ihre runde Gestalt erleichtern. Zur weiteren Erklärung der verschiedenen Eigenschaften wird wesentlich auf die Gestalt der Korpuskeln eingegangen; man kann eine Reihe solcher hypothetischen Korpuskelformen bei HARTSOEKER abgebildet sehen. Die Luftteilchen haben die Gestalt von durchbrochenen, etwa aus Ringen zusammengesetzten Kugeln (s. Fig. 13) und können die Wasserteilchen in sich aufnehmen, die beim Gefrieren heraustreten, so daſs das Gesamtvolumen gröſser wird. Diese Vorstellungen weisen sichtlich auf BORELLI zurück. Ohne näher auf die Hypothesen HARTSOEKERS einzugehen erwähnen wir nur noch, daſs er eine ausführliche Theorie des Magnetismus mit Rücksicht auf die Rotation der Erde unter Zugrundelegung einer besonderen magnetischen Materie gibt.

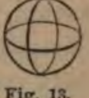


Fig. 13.

HARTSOEKER hat offenbar, ohne sich um den Ursprung der Begriffe von Solidität und Fluidität zu kümmern, aus DESCARTES' Lehre die für den Physiker allein wesentliche Folgerung gezogen: Es gibt einfach absolut starre Atome und einen absolut flüssigen Äther, welcher der Träger der Energie ist. Das ist im Grunde die Anschauung, welche die Physik bis zur Gegenwart beherrscht, soweit man von den NEWTONschen Centralkräften absieht. Die

[1] A. a. O. p. 66, 67.

Frage, wie jene beiden entgegengesetzten Eigenschaften aus einer gemeinsamen Quelle abzuleiten sind, ist aufgegeben.

Einen ganz ähnlichen Übergang von der cartesischen zur Fluiditätstheorie vollzieht JOHANN I BERNOULLI (1667—1748), dessen Thätigkeit bereits über die Grenzen des Zeitraums hinausreicht, auf welchen wir uns zu beschränken haben, und den wir daher nur als Abschlufs für die Herrschaft der cartesischen Physik erwähnen. Anfänglich ganz in der Korpuskulartheorie DESCARTES' befangen (s. über seine Korpuskulartheorie II S. 524 ff.), sucht er auch später noch die Wirbeltheorie NEWTON gegenüber aufrecht zu erhalten, so noch 1730 durch die Annahme, dafs die Materie der Wirbel vom Zentrum nach der Peripherie hin abnehmende Dichtigkeit besitze, um daraus die Ellipticität der Planetenbahnen und die Verschiebung des Perihels zu erklären. Es entstehen nämlich dadurch Oscillationen, d. h. Annäherung und Entfernung der Planeten in Bezug auf die Sonne. Wenn nun die Dauer einer Oscillation nicht gleich der Dauer eines Umlaufs ist, so mufs eine Verschiebung der Lage der grofsen Axe der Ellipse eintreten.[1] Aber schon 1734 stellt er eine neue Theorie in seiner *Nouvelle physique céleste* auf, in welcher er zwei Arten von Wirbeln annimmt, um die Sonne (und die Fixsterne) einerseits, um die Hauptplaneten andrerseits; zur Erklärung der Gravitation hilft er sich durch Annahme eines Centralstroms. Derselbe wird von zusammengesetzten Korpuskeln (pelotons) gebildet, welche entstehen, wenn zwei Teilchen, durch Stofs zur Ruhe gekommen, von einem dritten fortgetrieben werden.[2] Nun fühlt BERNOULLI das Bedürfnis, die cartesischen Prinzipien zu vertiefen. Er macht DESCARTES den Vorwurf, dafs dessen „erste Materie" nicht aktuell ins Unendliche geteilt, sondern nur teilbar sei, und ganze Korpuskeln enthalte. Er nimmt daher zwei Arten von Materie an,[3] ganz wie JAC. BERNOULLI und HARTSOEKER; die eine besteht aus kleinen Massen, deren Teile zusammenhängen, ohne gerade unüberwindlich hart sein zu müssen, also aus Korpuskeln; die

[1] *Nouvelles pensées sur le Système de M. Descartes. Op. omnia*, Laus. et Genève 1742. T. III.

[2] *Op.* Tom. III p. 292. — [3] *Op.* Tom. III. p. 273.

andre jedoch, in welcher sich die ersteren befinden, stellt ein kontinuierliches Fluidum dar, welches wirklich ins Unendliche geteilt ist („réellement divisée à l'infini“). Das ist die Konsequenz der Fluiditätstheorie und der stetigen Raumerfüllung, zu welcher wir schon GALILEI gelangen sahen, als er sich nicht zu DEMOKRITS Atomen entschließen konnte. Der Kreis aller möglichen Vorstellungen über die Materie ist auch in der cartesischen Schule durchlaufen.

Zweiter Abschnitt.

Spinoza.

Die Realität der Wechselwirkung der Substanzen war zwar durch MALEBRANCHE in der Substanzialität Gottes begründet worden, aber der fortwährende Eingriff Gottes konnte mehr das theologische Interesse befriedigen als das theoretische. Das letztere findet seinen vollkommeneren Ausdruck in SPINOZA,[1] der beide zu vereinigen sucht. Das Motiv ist auch bei ihm das theologische, aber nicht das kirchliche, sondern das religiöse, das aus den Tiefen des Gemüts stammend in der Liebe zu Gott wurzelt. Das Gefühl der Einheit mit der Unendlichkeit Gottes ist ihm das absolut Wertvolle, und die reinste und höchste Äußerung dieser Liebe Gottes sieht er in der Wahrheit der Erkenntnis.

Bei allen Anhängern und Gegnern DESCARTES' trat das theologische Interesse in der an das kirchliche Dogma gebundenen Form auf, und ihr Streben war daher vielmehr darauf gerichtet, den Begriff der Substanz so zu fassen, daß er mit dem

[1] BENEDICTI DE SPINOZA *Opera quae supersunt omnia,* ed. C. H. BRUDER. Lips. 1843. — Vgl. SCHALLER, I S. 326 ff. — BAUMANN S. 157 ff. — KUNO FISCHER, *Gesch. d. n. Phil.* I, 2. Th. — WINDELBAND I S. 186 ff. — HEUSSLER, *Rationalismus* S. 66 ff. — KOENIG, *Kausalprobl.* S. 66 ff. — A. BALTZER, *Spinozas Entwickelungsgang,* Kiel 1888.

feststehenden Dogma verträglich wurde, als ihn aus sich selbst ohne jede äufsere Rücksicht und nur aus dem Verlangen der Erkenntnis nach Einheit zu entwickeln. Spinoza ist von allen innern und äufseren Fesseln frei, welche die in den Lehren der Kirche aufgewachsenen Denker immer wieder dazu führen, die Verkündigungen der Bibel und der Kirche entweder durch künstliche Deutungen mit den Ergebnissen der Forschung zu versöhnen, oder ihre Autorität als höhere Wahrheit unantastbar über die Wissenschaft zu stellen. Mit voller Energie fordert er im *theologisch-politischen Tractat* die Freiheit des Denkens, unbekümmert um den wütenden Hafs seiner Feinde, um das furchtsame Entsetzen seiner Freunde. Das wahrhaft religiöse Leben, das in Einfalt und Wahrhaftigkeit der Seele besteht,[1] kann sich in Liebe und Frömmigkeit erst entwickeln, wenn die Religion sich beschränkt auf das innere Leben des Gemüts und sich nicht mehr mischt in den Streit der Gedanken. Die Wissenschaft aber mufs frei sein; es gibt nur eine Quelle der Wahrheit, die Vernunft. Der Wunderglauben ist zu verwerfen. In dieser befreienden That, welche die bisher immer noch sorgfältig ummäntelte Konsequenz aus der Lebensarbeit Galileis und Descartes' enthüllt, liegt das Verdienst Spinozas um die Geschichte der Wissenschaft, der Kultur überhaupt. Darum vornehmlich ist er hier zu erwähnen. Seine Ausgestaltung der cartesischen Metaphysik zur Lehre von der einheitlichen Substanz ist zwar ein Ereignis in der Geschichte der Philosophie, aber für die Förderung der Erkenntnis des Körperbegriffs, für die Entwickelung der Korpuskulartheorie und der Physik ist dieselbe nur indirekt durch den Einflufs auf Leibniz zur Geltung gekommen und hat hier zur Auflösung der kinetischen Theorie mitgewirkt.

Es scheint allerdings, als müfste der strenge Mechanismus, welchen Spinoza in der Körperwelt erblickt, deren Wirkungen nur wieder aus körperlichen Wirkungen erklärt werden dürfen, der mechanischen Naturwissenschaft förderlich sein. Hatten andre Vertreter der mechanischen Naturauffassung noch die Freiheit des Willens zugelassen, so hebt Spinoza auch diese auf. Aber dieselbe grofsartige Einseitigkeit, welche die

---

[1] *Tract. theol.-pol.* c. 7 § 90. *Op.* III p. 124.

Abhängigkeit der Einzeldinge mit absoluter Notwendigkeit aus der unendlichen Substanz fließen läßt, zerstört auch die Möglichkeit, die Aufgabe der Physik zu lösen, diese Einzeldinge zu erkennen, das bunte Leben der Sinnlichkeit in den ewigen Gesetzen des Unendlichen wieder aufzufinden.

SPINOZA ging bekanntlich von DESCARTES aus, der das Verhältnis der denkenden und der ausgedehnten Substanz zur eigentlichen unendlichen Substanz Gottes im Unklaren gelassen hatte; SPINOZA erklärt Denken und Ausdehnung als die beiden einzigen uns erkennbaren Attribute der unendlichen, einzigen Substanz. Die Zustände der Substanz, durch welche die Einheit der Substanz als etwas andres, Gesondertes auftritt, heißen *Modi*. Die Modi der Ausdehnung sind die Körper. „Unter Körper verstehe ich einen Modus, welcher Gottes Essenz, insofern er als ausgedehntes Ding aufgefaßt wird, in gewisser und bestimmter Weise ausdrückt."[1] Dinge, welche eine begrenzte Existenz haben, sind Einzeldinge; wenn mehrere von ihnen so zusammenwirken, daß sie Ursache der einen Wirkung sind, so werden sie insofern als ein Ding betrachtet. Wir empfinden, daß ein gewisser Körper auf viele Weise erregt wird, und wir nehmen nichts wahr als Körper und Modi des Denkens. Die Ordnung und Verknüpfung der Vorstellungen ist dieselbe wie die Ordnung und Verknüpfung der Dinge.[2] Das aktuelle Sein der menschlichen Seele beruht in der Vorstellung eines *actu* existierenden Einzeldings, und der Gegenstand dieser Vorstellung ist ein *actu* existierender Körper und nichts andres.[3]

Alle Körper bewegen sich oder ruhen, die Bewegung hat verschiedene Grade der Schnelligkeit. Die Körper unterscheiden sich voneinander in Bezug auf Bewegung und Ruhe, Schnelligkeit und Langsamkeit, aber nicht in Bezug auf die Substanz. Die Bestimmung zur Bewegung oder Ruhe kann nur wieder von einem andern Körper herrühren, welcher ebenfalls zur Bewegung oder Ruhe von einem andern bestimmt ist, u. s. f. ohne Ende. Alle Zustände der Körper folgen nur aus der Be-

---

[1] *Eth.* II Def. 1. *Op.* I p. 223.
[2] A. a. O. Pr. 7. p. 227.
[3] A. a. O. Pr. 11, 13. p. 232 f.

wegung, aber sie sind verschieden je nach der Verschiedenheit der Natur sowohl der bewegenden als der bewegten Körper.[1]

Wir suchen in diesen Sätzen Spinozas, welche die Natur der einfachen Körper bestimmen sollen, vergeblich nach einer Festsetzung, welche den Einzelkörper von der allgemeinen Ausdehnung trennt. Das Einzige, was die Körper als Teile der Ausdehnung unterscheidet, ist die Bewegung. In der körperlichen Ausdehnung selbst aber, welche nichts anders ist als Quantität, gibt es keine Teile. Die Quantität finden wir nur endlich, trennbar und aus Teilen zusammengesetzt, insofern wir sie in der sinnlichen Vorstellung vor uns haben; wenn wir sie dagegen mit dem Verstande betrachten, insofern sie Substanz ist, dann ist sie unendlich, einzig und untrennbar. Die Materie ist überall dieselbe, und die Verschiedenheit von Teilen besteht nur, insoweit wir sie als verschiedenartig affiziert betrachten, nicht aber *realiter*. So nehmen wir z. B. an, dafs das Wasser, insofern es Wasser ist, geteilt und seine Teile voneinander getrennt werden können, aber nicht, insofern es körperliche Substanz ist; in dieser Hinsicht wird es nämlich weder getrennt noch geteilt. Als Wasser entsteht und vergeht es, als Substanz dagegen nicht.[2]

Kommt aber den Teilen und ihrer Bewegung keine Realität im Sinne der Substanz zu, so wird es auch unmöglich, die sinnlich gegebene Mannigfaltigkeit der Körper auf wissenschaftliche Begriffe zu bringen. Den Weg, welchen Descartes eingeschlagen hatte, indem er den Teilen der Materie von Anfang an durch Gott verschiedenartige Bewegungen mitgeteilt sein liefs, hat sich Spinoza mit vollem Bewufstsein verschlossen. Die körperliche Substanz — d. h. das Attribut der Ausdehnung, welches wir an der unendlichen Substanz auffassen — ist ja nicht geteilt. Wie kommen nun die erfahrungsmäfsig gegebenen Modi der Körper und ihre Bewegungen zu dieser Substanz? Spinoza hat die Frage nicht gelöst und konnte sie auch nicht lösen. Er schreibt (15. Juli 1676) an Tschirnhaus: „In Bezug auf Ihre Frage, ob aus dem Begriff der Ausdehnung allein die Verschiedenheit der Dinge a priori bewiesen werden könne, so glaube ich schon klar genug gezeigt zu haben, dafs dies un-

[1] *Op.* I p. 234—236. — [2] *Eth.* I Pr. 15. Schol. *Op.* I p. 200.

möglich sei; daher ist die Materie von DESCARTES nicht gut als Ausdehnung definiert; diese muſs vielmehr notwendig durch ein Attribut erklärt werden, was ewige und unendliche Essenz ausdrückt. Aber dies werde ich vielleicht ein ander Mal, wenn mein Leben ausreicht, klarer mit Ihnen verhandeln; denn bis jetzt habe ich mir hierüber nichts in geordneter Weise zurechtlegen können.“ [1]

Was als Beantwortung der hier hinausgeschobenen Frage gelten könnte, müssen wir bei SPINOZA in der oben erwähnten ersten Definition im 2. Buche der *Ethik* suchen, welche den Körper als einen Zustand erklärt, der Gottes Wesen als ausgedehntes Ding in gewisser und bestimmter Weise ausdrückt. Das ist also dasjenige, was auſser der Ausdehnung gegeben sein muſs, um den Körper zu konstituieren. Die Bestimmtheit des Einzelkörpers muſs metaphysisch fundiert, d. h. an die Wesenheit Gottes geknüpft sein. Allerdings wird noch, wenn auch wesentlich zu psychologischen Zwecken, den Einzeldingen eine gewisse Selbständigkeit reserviert. Aus einer Verallgemeinerung des cartesischen Beharrungsgesetzes wird gefolgert, daſs kein Ding ohne äuſsere Ursache zerstört werden könne, und jedes Ding, soweit es in sich ist, in seinem Sein zu beharren strebt. Dieser Conatus, durch welchen jedes Ding in seinem Sein zu beharren strebt, soll nichts sein als die aktuelle Essenz des Dinges selbst. Daſs das bloſse Beharren als ein Streben zum Beharren eingeführt wird, ist offenbar willkürlich, und nur geschehen, um die Lehre vom Affekt zu begründen. Für den Begriff des Einzelkörpers ist damit nichts gewonnen, insofern seine Selbständigkeit schon vorausgesetzt ist; es bleibt also für diese nur die Berufung darauf, daſs es sich um einen durch Gottes Essenz bestimmten Modus der Ausdehnung handelt.[2] Worin diese Bestimmung aber besteht, ist nicht gesagt, und es ist klar, daſs mit diesen Festsetzungen weder für die Physik noch für die erkenntniskritische Feststellung des Körperbegriffs etwas auszurichten ist.

Bei seinen Ausführungen über den Körper in der *Ethik* hatte SPINOZA überhaupt nur den menschlichen Körper im Auge,

---

[1] *Ep.* 72. *Op.* II p. 337. Vgl. BALTZER S. 64.
[2] *Eth.* III Pr. 4, 6, 7. *Op.* I p. 277 f.

um aus den Einwirkungen der Körper auf die Unterschiede der Vorstellungen zu schliefsen.[1] Wird der menschliche Körper durch fremde Körper in einen gewissen Zustand versetzt, so mufs die Vorstellung des letzteren sowohl die Natur des menschlichen als die des fremden Körpers enthalten.[2] Die menschliche Seele fafst also zugleich mit der Natur ihres Körpers die Natur vieler andrer Körper auf; daher enthalten aber die Vorstellungen, welche wir von diesen Körpern haben, mehr die Konstitution unseres eigenen Körpers als die der fremden. Die Kenntnis, welche die Seele von sich, von ihrem Körper und den fremden Körpern hat, ist somit keine zureichende, sondern eine verworrene, solange sie die Gegenstände in der gewöhnlichen Weise vorstellt, d. h. solange sie von aufsen, aus dem zufälligen Begegnen der Gegenstände bestimmt wird. Erst dann betrachtet sie die Gegenstände klar und bestimmt, wenn sie von innen veranlafst wird, die Übereinstimmung, Unterschiede und Gegensätze in den Gegenständen zu erkennen.[3] Die Erfahrung aus den Sinnen ist verworren, nur die Erkenntnis aus Allgemeinbegriffen, durch die Vernunft, ist zureichend und wahr.[4] Unter diesem Gesichtspunkt aber verschwindet die sinnliche Wirklichkeit der Einzeldinge, sie lösen sich in die Notwendigkeit der allgemeinen Substanz auf. „Diese Notwendigkeit der Dinge ist die eigene Notwendigkeit der ewigen Natur Gottes, es liegt also in der Natur der Vernunft, die Dinge unter dieser Bestimmung der Ewigkeit zu betrachten.“ „Wenn auch jedes Einzelne von einem Andern auf eine ge-

[1] *Op.* I p. 234. Kirchmann S. 61, 62. „Das, was bisher dargelegt worden ist, ist sehr allgemein und gilt nicht blofs für Menschen, sondern auch für die übrigen Einzeldinge, die alle, wenn auch in verschiedenen Graden, doch beseelt sind. Denn von jedem Dinge gibt es notwendig in Gott eine Vorstellung, deren Ursache Gott ist, ebenso wie dies bei der Vorstellung von dem menschlichen Körper der Fall ist, und mithin gilt das, was von der Vorstellung des menschlichen Körpers gesagt ist, auch von der Vorstellung jedes andren Dinges.“ „Je mehr ein Körper vor dem andern geeignet ist, mehreres zugleich zu thun oder zu leiden, desto mehr ist dessen Seele mehr wie die übrigen geeignet, mehreres zugleich aufzufassen; und je mehr die Handlungen eines Körpers von ihm allein abhängen und je weniger andre Körper mit ihm zusammenwirken, desto geschickter ist seine Seele, bestimmt zu erkennen.“

[2] *Eth.* II Pr. 16. *Op.* I p. 239.

[3] *Eth.* II Pr. 29. Schol. *Op.* I p. 249. — [4] *Op.* I p. 256.

wisse Weise zur Existenz bestimmt wird, so folgt doch die Kraft, durch welche jedes in der Existenz verharrt, aus der ewigen Notwendigkeit Gottes."[1] Nun beruht aber wahre Vernunfterkenntnis nur auf den Allgemeinbegriffen, welche nicht das Wesen einer einzelnen Sache ausdrücken; daher haben wir wahre Erkenntnis nur, insofern wir die Dinge ohne alle Beziehung auf die Zeit unter der Form der Ewigkeit auffassen.

Mit dieser Elimination der Zeit aus der wahren Erkenntnis ist das ausgedrückt, was SPINOZA unter Erkenntnis nach Art der Mathematik versteht. Das Geschehen in der Zeit soll sich für die Vernunft darstellen als der innere, notwendige Zusammenhang der Dinge in der zeitlosen Substanz. Dadurch aber erhält der dynamische Zusammenhang von Ursache und Wirkung nur den logischen Charakter von Grund und Folge, und auch diese Abhängigkeit ist nur bedingt in der Unterordnung der Modifikationen in der allgemeinen Substanz. Die Einzeldinge sind in einem Verhältnis zur Substanz gedacht, wie die Eigenschaften einer geometrischen Figur zum Begriffe derselben. Wir sind also hier wieder zu einem Rationalismus gelangt, in welchem das Denkmittel der Substanzialität dominiert und daher kein Übergang zum Einzeldinge der Sinnlichkeit möglich ist. Die Aufgabe, den kausalen Zusammenhang der Dinge zu ermitteln, wird aufgehoben; wie sich der begriffliche Zusammenhang unter dem Attribut der Ausdehnung und in der sinnlichen Erfahrung darstellt, ist unmöglich zu erkennen. Ein Gesetz, nach welchem in den physischen Körpern eine Wirkung sich aus der Ursache bestimmen liefse, gibt es bei SPINOZA nicht.

Aus den Grundprinzipien der spinozistischen Metaphysik ist es somit unmöglich, zur Begründung einer Naturwissenschaft zu gelangen. Wir finden daher auch bei SPINOZA keine Physik. Wenn wir seinen Gedankengang dort aufsuchen, wo er selbst als Physiker auftritt, so zeigt sich, dafs er über cartesische Anschauungen hinaus zu keiner weiteren Förderung der Theorie der Materie gekommen ist.

In der Darstellung der Prinzipien DESCARTES' nach geometrischer Methode, welche SPINOZA im Winter 1662/63 für den

[1] *Op.* I, p. 260.

Unterricht eines jungen Mannes (Alb. Burgh) schrieb, den er noch nicht für reif hielt, in seine eigne, damals bereits in den Grundzügen feststehende Philosophie eingeführt zu werden, hält er sich in der Auffassung der Materie und der Bewegung ganz an Descartes. Doch tritt bei der Darstellung des Beharrungsgesetzes bereits jene Auffassung hervor, welche sich in der *Ethik* als ein Conatus der Dinge zum Verharren im Sein kundgibt, die Auffassung des Beharrens als eines aktiven Widerstandes gegen jede Veränderung. Spinoza leitet aus der Beharrung den Lehrsatz (I, 23) ab: „Wenn die Zustände eines Körpers eine Veränderung zu erleiden genötigt werden, so wird diese Veränderung immer die möglich kleinste sein.“[1] Auf dieses Prinzip der kleinsten Veränderung sucht Spinoza eine zuverlässigere Ableitung der Stofsregeln Descartes' zu gründen.

Über die Stofsgesetze selbst ist jedoch Spinoza zu keiner klaren Auffassung gelangt. Er erklärt, dafs er nur die sechste von Descartes aufgestellte Stofsregel für falsch halte, wobei aber auch Huygens im Irrtum sei.[2]

In dem Briefwechsel mit Boyle (1662 und später[3]) über die Zersetzung und Wiederherstellung des Salpeters zeigt sich Spinoza ganz als Anhänger der cartesischen Korpuskulartheorie und entschiedener Gegner des leeren Raumes. Zwischen dem Salpeter und dem in der Hitze sich daraus entwickelnden Salpetergeist will er keinen andern Unterschied anerkennen als den, dafs im Salpeter die Partikeln ruhen, im Salpetergeist sich heftig erregt untereinander bewegen. Die ruhenden Teilchen liegen mit ihren breitesten Seiten auf, verstopfen dadurch die Poren der Zunge und erregen so das Gefühl der Kälte; die bewegten Teilchen gehen mit ihren Spitzen voran, dringen in die Poren der Zunge ein und stechen, ähnlich wie eine Nadel verschiedene Empfindungen veranlafst, je nachdem sie mit der Spitze oder mit ihrer langen Seite die Zunge berührt.[4]

Zu den Begriffen, welche die Natur nicht so, wie sie an sich ist, sondern wie sie auf die menschlichen Sinne bezogen

[1] *Op.* I p. 80. — [2] *Ep.* 15 an Oldenburg, Nov. 1665. *Op.* II p. 187.
[3] Vgl. oben II S. 278 Anm. 2. — [4] *Op.* II p. 154.

wird, erklären, rechnet SPINOZA nicht blofs das Sichtbare und Unsichtbare, das Warme und Kalte, sondern auch das Feste und Flüssige; höchste und reine Begriffe, welche die Natur, so wie sie an sich ist, darstellen, sind nur die Bewegung und die Ruhe mit ihren Gesetzen.[1] Er will daher auch die Einteilung der Körper in feste und flüssige nicht gelten lassen, weil diese Bezeichnung davon abhängig ist, dafs die Kleinheit der Teilchen unter den Grenzen der sinnlichen Wahrnehmung bleibt; wären nämlich die Teile ganz ebenso gestaltet und bewegt, aber dabei grofs, so würden wir solche Körper nicht flüssig nennen, obwohl diejenigen Eigenschaften, welche allein den Begriff bestimmen, nicht verändert wären.

SPINOZA will die Gröfse eines Teiles nicht als ein Merkmal zur Bestimmung des einzelnen Teils gelten lassen, sondern betrachtet dieselbe als etwas Veränderliches, lediglich von der Bewegung Abhängiges. Dennoch sieht er sich hier genötigt, der Korpuskulartheorie das Zugeständnis zu machen, dafs es selbständige Teile des Stoffes gibt; denn man müfste sonst, sagt er, den Fortgang ohne Ende vorziehen, oder, was noch verkehrter ist, einen leeren Raum annehmen.[2]

In der gesamten Beurteilung der BOYLEschen Abhandlung hatte SPINOZA den praktischen Zweck derselben verkannt, demzuliebe BOYLE gegen die allgemein verbreiteten aristotelischen und chemistischen Ansichten vom Körper die korpuskulare Auffassung plausibel machen wollte. Für ihn stand es bereits völlig fest, dafs es nur eine mechanische Erklärung der Erscheinungen geben könne; die Korpuskulartheorie sei schon durch BACON und DESCARTES hinreichend bewiesen.[3] Er hielt es daher für überflüssig, dafs BOYLE beabsichtigte, „die Unsicherheit der Grundlage darzulegen, auf der jene kindische und possenhafte Lehre von den substanziellen Formen, Qualitäten u. s. w. beruht.“[4] Dies waren Einsichten, welche nach SPINOZAS Meinung nicht auf experimentellem Wege bewiesen werden konnten und brauchten, sondern welche für ihn aus metaphysischen Grundlagen über den Begriff der Ausdehnung folgten. Darum konnte er sich mit BOYLE nicht ver-

[1] A. a. O. p. 159. — [2] A. a. O. p. 160. — [3] A. a. O. p. 157.
[4] A. a. O. p. 170.

ständigen, der gerade das Entgegengesetzte wollte, alle metaphysische Begründung ablehnte und nur das Interesse der physikalischen Empirie im Auge hatte.

Die cartesische Erklärung der Aggregatzustände hat Spinoza auch später noch beibehalten. „Wenn Körper gleicher oder verschiedener Gröſse von den übrigen so zusammengedrängt werden, daſs sie aufeinander liegen, oder sich mit gleichen oder verschiedenen Geschwindigkeitsgraden bewegen, so daſs sie sich ihre Bewegungen gegenseitig in einem bestimmten Verhältnisse mitteilen, so sagen wir, daſs sie miteinander vereinigt sind und alle zusammen einen Körper oder ein Individuum bilden, das von den übrigen durch diese Vereinigung von Körpern unterschieden wird." Diese Definition zielt wesentlich auf den organischen Körper. „Je nachdem die Teile eines Individuums oder zusammengesetzten Körpers mit gröſseren oder kleineren Oberflächen aufeinanderliegen, desto schwerer oder leichter können sie zu einer Veränderung ihrer Lage gezwungen werden." Daher sollen die Körper, deren Teile in groſsen Oberflächen aufeinander liegen, hart, deren Teile in kleinen aufeinander liegen, weich, und endlich deren Teile sich untereinander bewegen, flüssig heiſsen.[1] Die weiteren Lehnsätze sollen dazu dienen, festzustellen, daſs die Natur des Individuums, wobei hier durchaus an den organischen Körper gedacht ist, sich durch Austausch der Teile nicht ändert, wenn nur die Gesetze der Fortdauer und Mitteilung der Bewegungen ungeändert bleiben. Im letzten Grunde will Spinoza darauf hinweisen, daſs die ganze Natur nur ein Individuum ist, dessen Teile, d. h. alle Körper, in unendlichvielen Modis wechseln ohne jede Veränderung des ganzen Individuums. Dies ausführlicher zu beweisen, lehnt Spinoza ab, weil er nicht die Körper zum Hauptgegenstande seiner Untersuchung habe machen wollen.[2]

Es zeigt sich auch hier, daſs sein Interesse auf den Zusammenhang in der Einheit des Ganzen gerichtet ist und daſs ihm die Aufgabe der Erkenntnis an diesem Zusammenhange haftet. Wie aber dieselbe zu lösen sein soll, ohne die Gesetze

---

[1] *Eth.* II Pr. 13. Def. und Coroll. 3. *Op.* I p. 236.
[2] A. a. O. p. 238.

der Wechselwirkung der Einzelkörper zu erforschen, bleibt das Rätsel. In der That finden wir bei SPINOZA keinen Versuch zu einer mathematischen Begründung der Bewegungsgesetze und können ihn auch nicht finden, weil die begriffliche Realität, welche die Sicherheit der Erkenntnis gewährleistet, für ihn nur in der Vollkommenheit der unendlichen Substanz besteht. Es kommt daher SPINOZA für die Entwickelung der Theorie der Materie nur insoweit in Betracht, als die Ausgestaltung der metaphysischen Systeme von der Konsequenz seines Gedankenganges beeinflufst wird. LEIBNIZ vollzieht diese Entwickelung in der Substanzialisierung der Kraft. Er repräsentiert in der Wandlung seines eigenen Standpunktes, ähnlich wie KEPLER den Übergang von der hylozoistischen zur mechanischen, so denjenigen von der mechanischen zur dynamischen Auffassung.

Dritter Abschnitt.

Leibniz.

1. Die Theorie der konkreten Bewegung.

Da die Entwickelungsgeschichte der Erkenntnis nur im psychologischen Erlebnis der einzelnen Menschen in die Erscheinung treten kann, so hat sie auch ihre idyllischen Züge, die sich im Anekdotenschatz der Kulturgeschichte ablagern. Infolge des Streites mit einem Weinhändler über den Inhalt der Weinfässer legt KEPLER in der *Stereometria doliorum* die Grundzüge zur cavalierischen Methode und zur Analysis des Unendlichen; GALILEI folgt den Schwingungen der Ampeln im Dom von Pisa und findet die Pendelgesetze; im Winterquartier am warmen Ofen zu Neuburg an der Donau steigt DESCARTES der Gedanke der analytischen Methode auf; NEWTON sieht im Garten zu Woolsthorpe den Apfel vom Baume fallen und entdeckt die allgemeine Gravitation; und der junge LEIBNIZ geht im Rosenthal bei Leipzig spazieren, um sich gegen die substan-

ziellen Formen für die mechanische Theorie und Demokrit zu entscheiden. Wir untersuchen freilich nicht die psychologischen Zufälle der Denker, sondern den Erkenntniswert der Gedanken; aber im Leben des einzelnen Forschers können die ersteren mitunter ein Licht auf die Umgestaltung der letzteren werfen. Leibniz' Jugendliebe zur Atomistik hat ihn, als er ihr intellektueller Gegner geworden war, doch noch mit ihrem Bilde in der Monadolagie verfolgt; und trotz seiner späteren rein dynamischen Auffassung der Materie ist er in der Physik ein echter Kinetiker geblieben. An dieser Stelle haben wir die Theorie von Leibniz während jener Epoche zu betrachten, in welcher er vor der Substanzialisierung des Kraftbegriffs zu den Vertretern einer eigentümlichen Korpuskulartheorie zählt und auf durchaus kinetischem Standpunkte steht. Sie reicht etwa bis zum Jahre 1680.

In seiner ersten Jugend war Leibniz unter dem Einflufs der Schriften von Bacon, namentlich aber von Gassendi ausgesprochener Anhänger der Atomistik des letzteren;[1] in ihr sieht er (1665) den einzigen Weg zur Naturerkenntnis,[2] und auch noch im folgenden Jahre übt er seinen Scharfsinn an dem Verhältnis der subjektiven Sinnesqualitäten zur Lagerung der Atome, indem er seinem Leipziger Lehrer Jacob Thomasius auf dessen Ersuchen schriftlich die paradoxe Frage erörtert, mit welchem Rechte Anaxagoras den Schnee habe schwarz nennen können.[3] Hier hegt

---

[1] Den Entwickelungsgang von Leibniz in Bezug auf seine Stellung zur Theorie der Materie stellt mit ausführlichen Belegen dar David Selver, *Der Entwickelungsgang der Leibnizschen Monadenlehre bis 1695* in Wundts *Philos. Stud.*, Bd. III, S. 216 ff. u. 420 ff.

[2] *De arte combinatoria.* Gerh., *M. Schr.* V p. 34 (§ 34).

[3] Gerh., *Phil. Schrift.* I, p. 8, 9. Wir bemerken bei dieser Gelegenheit, dafs die Frage, ob der Schnee weifs sei oder nicht, nur das konkrete Beispiel für die vielfach erörterte Schulfrage nach der realen Bedeutung der Farben war. Wir finden dieselbe Frage wenige Jahre darauf ausführlich behandelt mit Beziehung auf die Scholastiker, sowie auf Descartes, Digby, Sennert, Sperling, Willis und andre Neuere in einem Büchlein, das den vielversprechenden Titel führt: J. J. Gothofredi Voigtii, *contra Nivis albedinem realem Dissertatio Physica,* in qua vulgata illa omniumque fere sriptis ac ore celebrata opinio, quae statuit, nivem vere ac realiter esse albam, falsitatis arguitur solidisque rationibus accurate refellitur. Explicatur etiam tota Nivis natura, et origo colorum tum in genere, tum Albedinis in specie, multis hinc inde additis proble-

er noch die Ansicht, dafs sich kubische Atome, wie die der Erde, ohne Intercession des Vacuums aneinander lagern können, infolgedessen die pyramidenförmigen Feueratome von ihnen zurückspringen und die Farbe erregen. Dagegen erklärt er bereits zwei Jahre später ein derartiges Aneinanderhaften der Atome für „absurd und aller Erfahrung widersprechend."[1] In der That ist das Bedenken, dafs Atome mit ebenen Flächen, wenn sie sich mit diesen aneinander lagern, nie wieder getrennt werden könnten, seitdem stets einer der hauptsächlichsten Einwände gewesen, welche von Leibniz gegen die Atomistik angeführt wurden; hierauf beziehen sich noch seine Erörterungen mit Huygens.[2] Leibniz nimmt nämlich an, dafs nach Gassendi die Untrennbarkeit auf dem Ausschlufs alles Vacuums beruhe, und dafs daher zwei sich längs einer Fläche berührende Atome ein einziges bilden müfsten.

Schon in den ersten Schriften, der *Ars combinatoria* (1665) und der *Confessio naturae contra atheistas* (1668), spielt das theologische Motiv ein, ohne jedoch die mechanische und atomistische Auffassung der Natur selbst zu stören, sondern nur in dem Sinne, dafs die Hilfe Gottes für den Schöpfungsakt nicht zu entbehren sei, weil aus dem Begriffe der Materie nicht die bestimmte Gröfse, Gestalt und aktuelle Bewegung der individuellen Atome ableitbar seien. Die ursprüngliche Kohärenz der Atome müsse von Gott selbst gegeben sein, und ebenso bedürfe die Wechselwirkung derselben der Festsetzung durch ein göttliches Wesen, dem die Attribute der Einheit, Weisheit und Macht zukommen. Diese theologischen Erwägungen haben jedoch den Einflufs, dafs Leibniz mehr und mehr dazu übergeht, die Bewegung als ein fremdes, der Materie nicht immanentes Prinzip abzulösen. Dies zeigt sich in den Versuchen der Jahre 1668 und 1669, die mechanische Theorie mit Aristoteles, freilich nicht ohne gewaltsame Umdeutung der Begriffe des letzeren, zu versöhnen.[3] Er sagt hier, dafs die Ursache

---

matibus jucundis atque curiosis v. g. de colore Adami, Coeli, Aquae, Incolarum frigidioris soli, item de vermibus nivis et sexangulari ejus figura aliisque. Impensis Joach. Wildii. Gustrovi 1669.

[1] *Phil. Schr.* IV p. 109.

[2] *Math. Schr.* II p. 145 u. a. Vgl. oben II S. 363.

[3] In den Briefen an J. Thomasius. *Phil. Schr.* I p. 9 ff. Selver S. 234 ff.

der Bewegung notwendig aufserhalb des Körpers (*extra corpus*) liegen müsse, weil der Körper als solcher nur in Materie und Gestalt bestehe und in diesen beiden keine Ursache der Bewegung gedacht werden könne. Da nun aufserhalb des Körpers nichts denkbar ist als das denkende Wesen oder der Geist, so mufs der Geist die Ursache der Bewegung sein; der leitende Geist des Universums aber sei Gott. Es ist dies ganz dieselbe Schlufsfolge, welche später COTES aus der NEWTONschen Fernwirkung der Materie zog; wir erwähnen das hier, weil sich bei LEIBNIZ ganz wie bei NEWTON der Zusammenhang des theologisch-metaphysischen Motivs mit dem Übergange vom Mechanismus zum Dynamismus herausstellen wird.

Der Einflufs cartesischer Anschauungen mag bei LEIBNIZ schon in der Richtung mitgewirkt haben, dafs er sich GASSENDI gegenüber die Frage nach der Individuation der Materie vorlegte; auch bei diesem fand ja das theologische Motiv Befriedigung, indem die Atome mit ihren Eigenschaften der Gröfse, Gestalt und Bewegung von Gott geschaffen waren. Wurde aber die bestimmte Gestalt nicht als eine der Materie wesentliche, sondern durch die äufsere Macht des Weltschöpfers hinzugefügte Eigenschaft erkannt, so mufste auch für die Festigkeit dieselbe Frage auftreten. Und fällt nun die absolute Festigkeit als eine immanente Eigenschaft der Materie, so bleibt nur der cartesische Begriff der Ausdehnung übrig, und der Gegensatz zum leeren Raum ist gleichzeitig aufgehoben. Um aber den Eingriff des Schöpfers möglichst auf eine ursprüngliche Handlung zu beschränken, mufs das Individualisierungsprinzip der Materie in einer anfänglichen Anordnung und einer Gesetzlichkeit der Veränderung gesucht werden. Letztere mufs der Art der Bewegung zufallen, welche der Materie ursprünglich erteilt ist. Wenn daher LEIBNIZ, woran kein Zweifel ist, nur mit den allgemeinen Grundbegriffen des cartesischen Systems bekannt war, so ist verständlich, dafs er auch ohne genauere Kenntnis der Physik DESCARTES' zu einer Umformung der Atomistik in eine Korpuskulartheorie gelangen konnte, wie sie in der *Hypothesis physica* vorliegt. Die Grundlage derselben ist durchaus kinetisch, sie unterscheidet sich aber von der Atomistik dadurch, dafs den Teilen der Materie keine ursprüngliche Festigkeit zukommt und dafs es kein Vacuum gibt. Letzteres ist zwar eine

cartesische Lehre, ersteres jedoch nicht; denn nach DESCARTES ist die ruhende Materie fest, bei LEIBNIZ dagegen im allgemeinen flüssig. Schon dies weist darauf hin, daſs HOBBES und nicht DESCARTES den wesentlichsten Einfluſs auf die Entstehung der *Hypothesis physica* geübt hat. Wir werden in derselben in jeder Hinsicht, namentlich in der Auffassung der Bewegung als Conatus, Ansichten finden, die sich teils aufs engste an HOBBES anlehnen, teils in sichtbarer Beziehung auf ihn geschrieben sind. Erwägt man, daſs LEIBNIZ selbst versichert, er habe die *Hypothesis* verfaſst, ehe er von DESCARTES' System eine genauere Kenntnis gehabt habe,[1] daſs er dagegen HOBBES genau kennt und mit ihm unmittelbar vor und während der Abfassung seiner Hypothese in Briefwechsel gestanden und dieselben Probleme erörtert hat, die er dort ausführt,[2] so ist kein Zweifel, daſs der Einfluſs DESCARTES' gegenüber dem von HOBBES vollständig zurücktritt.

LEIBNIZ schrieb die *Hypothesis physica*[3] im Jahre 1670. Sie besteht aus zwei Teilen, deren erster den Titel führt: *Theoria motus concreti seu hypothesis de rationibus phaenomenorum nostri Orbis;* er ist der *Royal Society* in London gewidmet, welche von derselben einen besonderen Abdruck machen lieſs, so daſs es auch Exemplare gibt, welche den zweiten Teil nicht enthalten. Dieser ist der Pariser Akademie der Wissenschaften zugeeignet und bezeichnet als *Theoria motus abstracti seu rationes motuum universales, a sensu et phaenomenis independentes.*[4] Der erste Teil versucht sämtliche Naturerscheinungen auf die darin von LEIBNIZ aufgestellte Äther- und Bläschenhypothese zurückzuführen, der zweite gibt die rationale Begründung der in der Korpuskulartheorie der ersten vorausgesetzten Begriffe des Kontinuums der Materie und der Bewegung. So sehr LEIBNIZ

---

[1] Brief an FABRI, *M. Schr.* VI p. 84.

[2] Vgl. TÖNNIES, *Leibniz und Hobbes. Phil. Monatsh.* 1887. XXIII p. 557 ff.

[3] *Hypothesis physica nova,* qua Phaenomenorum Naturae plerorumque causae ab unico quodam naturali motu, in globo nostro supposito, neque Tychonicis, neque Copernicanis aspernando, repetuntur. Autore G. G. L. L. Moguntiae 1671. Bei GERHARDT, *Math. Schr.* VI p. 17 ff.

[4] *M. Schr.* VI p. 3. — Vgl. auch KARL GÜNTHER LUDOVICI, *Ausführlicher Entwurf einer vollständigen Historie der Leibnizschen Philosophie.* Leipzig 1737. S. 334—337.

späterhin in seiner Ansicht über den Ursprung der Bewegung von der *Hypothesis physica* abweicht, so hat er doch die Grundhypothese über die Wirksamkeit des Äthers in seiner kosmischen Physik immer beibehalten, und sein Kontinuitätsbegriff findet ebenfalls schon in der *Theoria motus abstracti* seine Grundlegung. Noch nach 1676 gab LEIBNIZ in einem Briefe an FABRI eine Übersicht seiner in der *Hypothesis physica* aufgestellten Theorie, wobei er sagt: „Wenn ich damit auch nicht ins Schwarze getroffen habe, so glaube ich darum doch nicht weniger etwas gethan zu haben, was der Mühe wert ist; denn ich habe die Menschen auf einen neuen, und wenn ich nicht irre, der Wahrheit entsprechenderen Weg zur Naturerkenntnis hingewiesen.“[1] Und noch in einem Brief an FOUCHER vom 16. März 1693 sagt er von der *Hypothesis*: „Es mag einiges Gute darin sein, da Sie und andre dieser Ansicht sind. Indessen gibt es mehrere Punkte, in denen ich gegenwärtig besser unterrichtet zu sein glaube, unter anderm drücke ich mich jetzt ganz anders über die Indivisiblen aus. Es war der Versuch eines jungen Mannes, der sich noch nicht in die Mathematik vertieft hatte. Die Gesetze der abstrakten Bewegung, welche ich damals gegeben habe, müſsten in Wirklichkeit statthaben, wenn es nicht in den Körpern etwas andres gäbe als das, was man nach DESCARTES und selbst nach GASSENDI darunter begreift.“[2] Dies „andre“, welches nach LEIBNIZ späterer Ansicht zu den Körpern hinzukommen muſs, ist die Kraft, ihre Wirkung aber in der Bewegung denkt er sich als auf dieselben Gesetze führend; seine frühere Hypothese vom Körperbegriff bedarf nur der metaphysischen Ergänzung.[3]

Die „neue physikalische Hypothese“, welche LEIBNIZ einen Platz in der Geschichte der kinetischen Korpuskularphysik anweist, setzt voraus die Sonnen- und die Erdkugel und zwischen ihnen Raum, der mit einer ruhenden Masse, die wir Äther nennen, hinlänglich angefüllt ist.[4] Ob die Welt in jeder Hin-

[1] *M. Schr.* VI p. 85.

[2] *Op.* ed. DUTENS, T. II ps. 1. p. 242.

[3] *Specimen dynamicum pro admirandis naturae legibus* etc. (1695). *M. Schr.* VI p. 240, 241.

[4] Wir benutzen auſser dem Original der *Hypothesis* (*M. Schr.* VI p. 20 ff.) die von LEIBNIZ selbst gegebene Zusammenstellung an FABRI (*M. Schr.* VI p. 86 ff.).

sicht kontinuierlich erfüllt ist, soll hier nicht in Betracht kommen. In Rücksicht auf die physikalischen Konsequenzen genügt es, daſs die planetarische Welt für vollkommen erfüllt zu halten ist. Denn es kann in ihr kein sinnlich wahrnehmbarer Punkt angegeben werden, in welchem nicht das Licht irgend eines Sternes gesehen werden könnte, falls nur den übrigen Bedingungen des Sehens genügt ist. Wo aber Licht gesehen werden oder hindurchgehen kann, da muſs Körper sein, also gibt es auch keinen sinnlich wahrnehmbaren Punkt in der planetarischen Welt, wo nicht Körper wäre. Daſs aber überall Sterne gesehen werden können, ist wenigstens für die Erde aus der Erfahrung offenbar.[1] Durch diesen mit dem flüssigen Äther erfüllten Weltraum kann sich jede Bewegung fortpflanzen. Sonne und Erde bewegen sich jedenfalls um ihre eigene Axe. Diese Bewegung — vielleicht der einzige und erste Beweis für die Bewegung der Erde — ist notwendig, weil die Teile dieser Körper Kohärenz besitzen, diese aber (wie in der *Theoria motus abstracti* bewiesen wird) ohne Bewegung unmöglich ist. In der Sonne ist jedoch noch eine andre Bewegung anzunehmen, durch welche sie nach auſsen wirkt; hieraus stammt alle Bewegung in der Welt, die nicht in sich zurückläuft. Denn um diese Bewegungen zu erklären, genügt es nicht mit TORRICELLI und HOBBES die Rotation der Sonne samt dem ganzen Äther vorauszusetzen. Es muſs vielmehr eine mannigfache Kreisbewegung oder eine irgendwie anders in sich zurücklaufende Bewegung der Teile stattfinden — denn ein geradliniges Nachauſsenstreben würde längst eine Zerstreuung der ganzen Sonne hervorgerufen haben —, so daſs zwar ein fortwährendes Hinauswerfen von Teilen der Sonne, und zwar nach allen Seiten hin und in jedem Augenblicke, stattfindet, doch aber die Teile sich wieder ersetzen. Die Sonnenstrahlen wirken auf den anfänglich homogenen Erdkörper, dessen ursprüngliche Dichtigkeit als zwischen

---

Einen kurzen Bericht über seinen damals eingenommenen Standpunkt gibt LEIBNIZ ferner in dem von GERHARDT plubliziertes Fragmente *Phoranomus*, *Arch. f. Gesch. d. Philos.* 1888. I p. 578 f. S. auch den Brief an Herzog JOHANN FRIEDRICH (21. Mai 1671), *Ph. Schr.* I p. 50 f. Vgl. die ausführlichen deutschen Auszüge von SCHALLER, I S. 457 ff.

[1] *M. Schr.* VI p. 86.

Luft und Erde stehend, also etwa ähnlich dem Wasser anzusehen ist, und bringen an demselben merkwürdige Veränderungen hervor. Die Gesamtoberfläche der Erde kann nämlich anfänglich nicht kohärent gewesen sein. Denn der gröfsere oder geringere Zusammenhang der Teile eines Körpers kann auf nichts andrem beruhen, als auf der gleichzeitigen Bewegung derselben.[1] Diese gleichzeitige Bewegung hat ihren Grund darin, dafs bei der grofsen Verschiedenheit der allgemeinen sich durch die ganze Masse fortpflanzenden Bewegungen zwar stets einige Teile von den benachbarten weit, andre aber im Vergleich mit den übrigen nur wenig sich entfernen können. Letztere suchen, weil die Ursache beharrt, auch im Zustande der Berührung zu beharren, da sonst durch sie die allgemeinen Bewegungen gestört werden würden. Daraus folgt, dafs der äufsere Druck (nämlich der Einflufs der allgemeinen Bewegungen) die erste Ursache der Festigkeit ist, die Ruhe oder übereinstimmende Bewegung der Teile aber die nächste Ursache, die jedoch das Bestehen der von aufsen wirkenden Ursache voraussetzt.

Demnach hat LEIBNIZ ein Mittel gewonnen, in der Fluiditätstheorie feste Körper zu erhalten. Fest ist ein Körper, dessen Teile in übereinstimmender Bewegung sind (motus conspirans), flüssig ein solcher, dessen Teile verschiedenartig bewegt sind.[2] Nach DESCARTES bilden diejenigen Teile einen einzigen festen Körper, welche in relativer Ruhe gegeneinander sind. LEIBNIZ hebt nur die positive Seite, die Übereinstimmung der Bewegung, mehr hervor und erweitert dadurch die Anwendbarkeit des Begriffs.

Die nächste Anwendung macht er auf die Oberfläche der Erde. Nach dem eben dargelegten Begriffe der Festigkeit können anfänglich nur diejenigen Teile in übereinstimmender Bewegung, also in Kohärenz sein, welche auf demselben Parallelkreise liegen. Zwischen den einzelnen Parallelkreisen aber müssen sich Spalten bilden. In diese dringt der Äther hinein und wird durch die wiederholten Stöfse bis zum Zentrum getrieben. Dadurch werden die einzelnen Bestandteile nach ihrer Dichtigkeit von oben nach unten geordnet, mehr nach

[1] A. a. O. p. 87. — [2] A. a. O. p. 87.

dem Zentrum hin die Erde, darüber das Wasser, dann die Luft. Der eingedrungene Äther aber wird von den festeren Stoffen in Blasen (bullae) aufgefangen. Diese entstehen aus dem geradlinigen Streben des Äthers und der kreisförmigen Bewegung der umschliefsenden Materie. Denn sobald das Feine und Dünne durch etwas Dichtes hindurchzubrechen strebt, aber Widerstand findet, so nimmt das Dichte die Gestalt von hohlen Blasen an, erhält innere Bewegung und infolgedessen Festigkeit oder Kohäsion. Ein Beispiel bildet das Blasen des Glases in den Glashütten. In der Natur entstehen die Blasen aus der kreisförmigen Bewegung der Erde und der geradlinigen des Lichtes.

Diese Blasen nun sind die *semina rerum*, die Grundlage der Gestaltungen (stamina specierum), die Basis der Körper, die Behältnisse des Äthers, die Ursache der Konsistenz und das Fundament all der Mannigfaltigkeit, die wir in den Dingen, all der Antriebe, die wir in den Bewegungen bewundern; ohne sie gäbe es keinen Bestand des Erdkörpers. Das Wasser besteht aus einer Anhäufung unzähliger solcher Bläschen, die Luft ist nur ein subtiles Wasser. Luft und Äther unterscheiden sich dadurch, dafs erstere schwer ist, letzterer durch seine Circulation die Ursache der Schwere. Das Feuer ist nur die Vereinigung des hervorbrechenden Äthers und der Luft. Die Erde besteht zweifellos aus Bläschen, denn die Basis der Erde ist das Glas. Die Blasen sind, wie leicht denkbar, mannigfach gewunden, gestaltet und angehäuft, um die gesamte Zurüstung der Dinge zu erzeugen.

Die wichtigste Ursache der Bewegungen und gewissermafsen der Schlüssel zu ihnen ist die Schwere. Sie entsteht aus der Circulation des Äthers um die Erde, in der Erde und durch die Erde. Je weniger Äther ein Körper enthält, umsomehr stört er die Circulation des Äthers und wird daher von diesem dorthin gestofsen, wo die Störung eine geringere ist, d. h. nach unten. Denn nach oben hin würde die Störung eine immer gröfsere werden, weil nach oben hin die Ungleichheit der auf den Körper wirkenden Querschnitte zunimmt, insofern die Kugelflächen proportional dem Quadrate der Durchmesser wachsen. Alles aber, was in einer Flüssigkeit heterogen ist, stört die gleichartige Circulation; daher das Streben nach Homogenität. So erklärt es sich, dafs Luft, Wasser und Erde

im Äther Schwere besitzen, und die Erde im Wasser, das Wasser in der Luft herabsinkt. Die Beschleunigung ergibt sich aus dem Zuwachs des Antriebs durch immer neue Eindrücke beim Herabfallen.

Einige Erscheinungen, wie die Gesetze des Stofses (Leibniz nennt hier Huygens und Wren) und die Gleichheit vom Einfalls- und Reflexionswinkel (hier werden Digby, Descartes und Hobbes erwähnt) ergeben sich nicht aus der Theorie der abstrakten Bewegung, da sie aber der Erfahrung entsprechen, müssen sie aus der Hypothese der konkreten Bewegung, d. h. aus der gegenwärtigen Ökonomie der Dinge erklärt werden. An sich würde kein Körper zurückspringen, wenn nicht die Circulation des Äthers die Elasticität bewirkte. Es springen nämlich nicht alle, sondern nur diejenigen Körper zurück, welche nach einer Zusammendrückung oder Ausdehnung ihren früheren Zustand wieder herstellen. Dies aber geschieht eben durch die Circulation des Äthers; der gestofsene Körper wird in der Richtung des Stofses zusammengedrückt, und daher mufs die Reaktion so eintreten, dafs die zusammengedrückten Teile nach der Seite sich zurückzuziehen streben, auf welcher der Körper noch in dem früheren Zustande ist, also in der dem Stofse entgegengesetzten Richtung; daraus soll die Gleichheit von Reflexions- und Einfallswinkel folgen. Beim entgegengesetzten Anprall zweier Kugeln nimmt Leibniz an, dafs dieselben ihren Äthergehalt gegenseitig austauschen und daher in entgegengesetzter Richtung weiter getragen werden. Auch die Schwingungen des Pendels und ihr Isochronismus, sowie die Refraktion werden in ziemlich gezwungener und wenig klarer Weise auf den Äther zurückgeführt.

Die Elasticität der Luft beruht ebenfalls darauf, dafs jede Heterogenität eine Störung der Flüssigkeit ist und daher das Streben nach Ausgleich hervorruft. Wenn dieser Ausgleich der Störung in der Circulation des Äthers dadurch bewirkt wird, dafs die Körper nach unten gedrückt werden, so haben wir die Schwere; wenn er dagegen durch Zerstreuung des Äthers zu der früheren Feinheit stattfindet, so haben wir Elasticität. Beim Zusammendrücken der Luft wird der Äther herausgeprefst und nimmt nachher seinen Platz mit Gewalt wieder ein.

Wie die Elasticität der Luft kann auch die gröfsere oder

geringere Härte und Festigkeit der Körper auf die Wirkung des Äthers in Verbindung mit der Gestalt der Teilchen der Körper zurückgeführt werden. Leibniz erklärt hier seine Übereinstimmung mit Claude Perrault (1613—1688), der in einem *Discours des causes de la pésanteur des corps, de leur ressort et de leur dureté*[1] die Festigkeit auf das Aneinanderpressen der ebenen Flächen der Teilchen durch äufseren Druck gegründet hatte. Bei Leibniz beruht der äufsere Druck auf der Wirkung des Äthers, und er fügt hinzu, dafs man sich die Teilchen nicht mit ebenen Flächen zu denken brauche; er denkt sich die Punkte der Körper wie kleine Kolben, und die Höhlungen, in die sie passen, wie Röhren. Wie der Luftdruck einen Kolben in das Rohr zurückprefst, so wird der Druck der Luft oder des Äthers die kleinen Kölbchen der Partikeln in den feinen Intervallen derselben zurückhalten und jeder Trennung einen Widerstand entgegensetzen, der, falls die trennende Kraft den Kolben nicht ganz herauszureifsen vermag, sich als Elasticität äufsert, indem er ihn wieder zurückdrängt.[2] Diese Erklärung ist jedoch nur eine relative, denn die Festigkeit jener kleinen Teilchen selbst kann nicht wieder darauf zurückgeführt werden, sondern hängt im letzten Grunde von der oben erläuterten „übereinstimmenden Bewegung“ ab.[3]

Das Licht ist die sehr schnelle, für die sinnliche Wahrnehmung geradlinige Verbreitung des Äthers nach allen Seiten, nicht, wie Descartes will, die blofse *propensio ad motum*. Das Feuer entsteht durch die Zersprengung unzähliger Bläschen durch den Äther. Der Schall beruht nicht auf einer Bewegung der Luft, sondern ebenfalls des Äthers, aber auf einer gemäfsigten und in Kreisen fortschreitenden, wie man sie sieht, wenn man einen Stein ins Wasser wirft. Dagegen beruht der Geruch auf der Luft, welche als subtile Flüssigkeit (aqua)

---

[1] Gedruckt in Perraults *Essais de physique*, Paris 1680. Vol. I. Leibniz hatte vermutlich Einsicht in das Manuskript, vgl. Gerhardt, *Zu Leibniz Dynamik*, *Arch. f. G. d. Phil.* I S. 567. Übrigens nahm Perrault im Gegensatz zu Leibniz unteilbare Partikeln an, s. *Essais de phys.* T. I p. 5. (Vgl. über Perrault 4. Abschn. 5. Kap. A. S. 511.)

[2] In dem Brief an Perrault, herausg. v. Gerhardt a. a. O., der denselben in die Zeit 1674/75 setzt.

[3] Brief an Fabri, *M. Sch.* VI p. 89, 90.

Salzteilchen löst, die wir durch den Geruch so wahrnehmen, wie durch den Geschmack die im Wasser gelösten Salze, wobei Salz nur einen überhaupt in Wasser löslichen Körper bezeichnen soll. Die Wärme unterscheidet sich vom Licht bloſs durch die Feinheit, beide entstehen durch eine innere in sich zurücklaufende Bewegung des Äthers, welche die feineren Teile herausschleudert; daher die Verdünnung. Die Kälte entsteht aus einer gewissen kräftigen und geradlinigen, aber gedrängten (crasso), daher abstumpfenden und nicht eindringenden Bewegung, welche infolgedessen nicht löst, sondern zusammenzieht.

Die auſserordentlichen oder physischen Bewegungen, welche, soweit sinnlich wahrnehmbar erscheint, aus der Schwere oder mechanischen Prinzipien nicht entstehen, unterscheidet Leibniz in sympathische und antipathische. Erstere zerfallen in die Verticität, welche im Kreise um ein Zentrum wirkt, und in die Attraktion, die nach einem Punkte hin wirkt. Die Verticität, die nicht bloſs beim Magneten, sondern, wiewohl in geringerem Grade, in den meisten Dingen auftritt, beruht ebenfalls auf der Circulation des Äthers und der schwierigeren oder leichteren Durchdringbarkeit durch denselben. Die Verticität des Magneten, d. h. seine Richtkraft nach den Erdpolen, scheint von der Bewegung des Äthers von Osten nach Westen herzurühren, welche den Magneten hindert, sich in diese Richtung zu stellen. In jedem Magneten findet eine Bewegung in Kreisen statt, die sich wie Meridiane in den Polen desselben schneiden; diese schleudert die umgebende Luft fort und bewirkt dadurch die Annäherung des für die magnetische Bewegung disponierten Eisens; es ist daher die Wirkung des Magneten auf das Eisen auch in die Ferne als eine sinnlich nicht wahrnehmbare Reibung anzusehen.

Die antipathische Bewegung — ein Ausdruck, der sich auf den Sinnenschein bezieht, denn in den Körpern gibt es weder Antipathie noch Sympathie — ist die Reaktion, durch deren höchst feine Unterschiede das meiste in der Natur bewirkt wird. Alle chemischen Wirkungen sind Reaktionen. Fermentation, Verbrennung, Verpuffung, der Kampf zwischen Feuer und Wasser, Säure und Alkali, Schwefel und Salpeter, sie alle haben ihren Ursprung aus der Reaktion der beiden Dinge, welche allein auf unserer Erde diesen Vorgang bewirken: das Verdünnte und das Gespannte (exhaustum et distentum); oder

mit DEMOKRIT zu reden, das Leere und das Volle. Gewisse Körper bestehen aus entleerten, andre aus überfüllten Bläschen; bei ihrer Mischung stoſsen dieselben aneinander und die letzteren werden ausgeleert, die ersteren saugen sich voll. So ist es bei der Mischung von Feuer und Wasser, welches letztere aus zahllosen entleerten Bläschen besteht, und so ist es bei allen Reaktionen, die sich nur durch die Gröſse und Menge der Bläschen, durch deren Lage, Figur und Füllungszustand, d. h. die Quantität der Entleertheit oder Kompression unterscheiden. Sind die Bläschen schwach (evanidae), oder sozusagen wasser- und luftartig, wie bei den unvollkommenen Mischungen, so entsteht aus der Reaktion keine wahrnehmbare Verbindung, sondern alles zerstreut sich; sind sie erd- oder glasartig, so wird durch die Wärme der Reaktion gewissermaſsen ein neuer Fluſs bewirkt, ein neuer Erguſs in die unmerklichen Bläschen wie in Schläuche, und aus den Bruchstücken der zerspringenden Bläschen setzen sich neue, aber den früheren unähnliche zusammen, wodurch die Entstehung einer neuen Gestaltung und eine innere (centralis) Veränderung der Dinge hervorgebracht wird. Man darf annehmen — und damit lassen sich die Prinzipien der Chemiker in Übereinstimmung bringen — daſs sich eine gröſsere Anzahl kleiner Bläschen zu einer geringeren Anzahl gröſserer vereinigen und so das Wachstum bedingen. Denn man muſs wissen, daſs, wie die berühmten Mikrographen KIRCHER und HOOKE beobachtet haben, man das meiste, was wir im Groſsen wahrnehmen, bei genügender Sehschärfe verhältnismäſsig im Kleinen wiederfinden würde; wenn dies bis ins Unendliche fortgeht, was gewiſs möglich ist, da das Kontinuum ins Unendliche teilbar ist, so wird jedes Atom gewissermaſsen eine Welt von unendlichen Gestaltungen darstellen und es wird Welten in Welten ins Unendliche geben. Wer dies tiefer betrachtet, wird nicht umhinkönnen von Begeisterung bei der Bewunderung des Schöpfers der Dinge hingerissen zu werden.

LEIBNIZ glaubt seiner Hypothese den Charakter einer gewissen Notwendigkeit zuschreiben zu dürfen, der sie über den Wert einer willkürlichen Hypothese hinaushebe. Denn da die kleinsten Korpuskeln einer Art Gefäſs für ihr Zusammenhalten bedürfen, so kann es im Grunde in der Welt nur zwei Arten

von Körpern geben, zusammenhaltende und zusammengehaltene, feste und flüssige, Blasen und Massen. Wenn er auch nicht leugnen will, daſs auſser den Blasen noch einiges umherfliegen mag, so dürfte dies doch vielleicht selbst wieder aus kleineren Bläschen bestehen. Die Bewegung der Massen ist der allgemeinen Bewegung der Erde, des Wassers, der Luft und des Äthers konform; eine Notwendigkeit, auſser diesen vier noch eine andre groſse Masse anzunehmen, liegt nicht vor. Die Blasen dagegen bewahren jede etwas ihnen Eigentümliches und Spezielles. Sie sind entweder natürliche oder gewaltsame, gewöhnliche oder auſsergewöhnliche. Die natürlichen und gewöhnlichen sind diejenigen, in denen die betreffenden Massen (Erde, Wasser etc.) nach demjenigen Verhältnis gemischt sind, welches dem Orte entspricht, in dem das Bläschen sich befindet; die gewaltsamen und auſsergewöhnlichen dagegen enthalten von einem der Bestandteile zu viel oder zu wenig. Den gewöhnlichen kommt keine auſserordentliche Wirkung zu und sie ruhen, sofern sie nicht von der Bewegung der universellen Massen mitgerissen werden; die auſsergewöhnlichen jedoch führen, auch wenn sie von der allgemeinen Bewegung mitgerissen werden, eine ihnen eigentümliche Kraft mit sich, welche, wenn sie brechen, ihnen in allen Fällen eine ihrer Eigenart entsprechende Bewegung erteilt.

LEIBNIZ stellt nun noch eine weitere Einteilung der Bläschen auf und entwirft eine Tabelle, in welcher je nach den Verhältnissen der verschiedenen Umhüllung und verschiedenen Anfüllung Unterschiede in den Eigenschaften der Bläschen aufgezählt und gruppiert werden. Es entsteht dadurch eine Mannigfaltigkeit, welche für jede körperliche Eigenschaft eine Zuordnung zu besonderen Bläschenarten gestattet. Die Verschiedenheit erlaubt eine Fortsetzung ins Unendliche, wobei das Verhältnis immer dasselbe bleibt. Die erdartigen Blasen verhalten sich zu den wasserartigen, wie diese zu den luftartigen, und wie diese wieder zu den ätherartigen; auch hindert nichts, daſs es noch einen höheren Äther gebe, der sich zu demjenigen, auf welchen uns Denken und Versuch führen, wie Luft zu Wasser verhält. Aber darüber steht uns kaum eine Vermutung zu, und für unsere Untersuchung der Phänomene kann er nicht in Betracht kommen. Wie auf diese Annahmen

und die Circulationen des Äthers sämtliche Eigenschaften der Körper, selbst die physiologischen, zurückgeführt werden könnten, deutet LEIBNIZ nur an.

Er legt auch den hypothetischen Erklärungen der Einzelerscheinungen in der speziellen Physik keinen besonderen Wert bei. Die Anwendungen sind bisher nur Vermutungen und wem sie mifsfallen, für den mögen sie nicht gesagt sein. Es genügt, zur Erklärung sämtlicher Bewegungen eine Ursache angegeben zu haben, welche sich als ausreichend erweisen kann, und nur solche Behauptungen aufgestellt zu haben, welche alle philosophischen Lehrmeinungen unter Wahrung ihrer eigenen Ansichten dulden können.[1]

Diese konziliatorische Tendenz, LEIBNIZ' bekannte Eigentümlichkeit, veranlafste ihn, möglichst viele Üebereinstimmungen seiner Hypothese mit den Systemen andrer aufzusuchen. Wer die Bewegung der Erde leugnet, könne mit der Bewegung des Äthers samt der Sonne um die Erde ausreichen. Ob man ein Vacuum anerkennt oder nicht, bleibe gleichgiltig, da der Äther die Stelle des luftleeren Raums vertritt. Selbst ARISTOTELES, THOMAS ANGLUS und DIGBY dürften sich versöhnen lassen. Jene haben vier Elemente, er (LEIBNIZ) setze nur für das Feuer das allgemeinere Wort Äther, der Begriff aber spiele dieselbe Rolle, wie das „reine" Feuer bei ARISTOTELES. Mit DIGBY stimme er darin überein, in der Verdichtung und Verdünnung den Grundunterschied der Körper zu sehen, aus welchem die primären Qualitäten abzuleiten sind. Damit jedoch das *rarum* und *densum* dasselbe leisten wie sein *exhaustum* und *distentum*, nämlich die Kraft, sich nach der Ausdehnung oder Zusammendrückung wieder herzustellen, mufs noch etwas andres, und zwar die Bewegung des Äthers hinzugefügt werden. Jenem ausgezeichneten Manne (DIGBY) hafteten offenbar noch die Reste metaphysischer Begriffe an, infolge deren er jene Kraft der Wiederherstellung der Dinge nach aufgehobener Zusammendrückung oder Ausdehnung einem unbestimmten ursprünglichen Streben zuschrieb, so dafs ein gegebenes Volumen Materie, obwohl es mehr oder weniger Raum anfüllen kann, doch mit aller Kraft sobald wie möglich zu der ihm vorgeschriebenen

[1] *M. Schr.* VI. p. 46.

Ausdehnung zurückkehrt. Aber dies hätte er wohl nach dem seitherigen Fortschritt der philosophischen Aufklärung selbst zugegeben, da es gewifs ist, dafs Hobbes in Übereinstimmung mit Descartes mit Recht gelehrt hat, ein und dieselbe Masse könne nicht mehr oder weniger Raum einnehmen. Auch die substanziellen Formen des Aristoteles sucht Leibniz im Gegensatz zur Scholastik und unter Berufung auf Honoré Fabri und Jean de Raey im Sinne eines blofsen Ordnungsverhältnisses und einer innern Struktur der Teile der Körper umzudeuten.

Boyles Hypothese elastischer Federn erfordere, wie Boyle wohl selbst anerkennen würde, ebenfalls die Annahme der Ätherbewegung, da die letzte Ursache der restituierenden Kraft und der Kohäsion der Teilchen doch immer eine innere Bewegung sein müsse. Descartes und Gassendi stimmen vollständig darin bei, dafs alle Verschiedenheit in den Körpern aus ihrer Gröfse, Gestalt und Bewegung zu erklären sei. „Ich habe jedoch immer geglaubt, dafs alles, was auch immer über die verschiedene Gestaltung der Atome, die Wirbel, Ästchen, Häkchen, Kügelchen und die ganze künstliche Zurüstung gesagt werden mag, mehr ein Spiel des Geistes ist, das von der Einfachheit der Natur und der Erfahrung zu weit abliegt, als dafs es sich mit den Erscheinungen deutlich vereinigen liefse.“ Seine vorliegende Hypothese dagegen vereinige einerseits die umherschweifenden Korpuskeln in Bläschen und leite andrerseits Bewegung und Wirkung der letzteren von einer einzigen allgemeinen Bewegung des Weltsystems ab; dadurch verknüpfe sie, auf der einen Seite vom Allgemeinsten herabsteigend, auf der andren von den innersten Versuchen der Chemiker aufsteigend, mit grofser Klarheit und Harmonie in mechanischer Weise die Beobachtung mit der Theorie, auf Grund der höchst einfachen und aus dem Zustand unserer ganzen Erdkugel erklärlichen Phänomens der Schwerkraft und der Elasticität.

Die unglaubliche Kraft, welche sich in den gegenseitigen Einwirkungen der Teilchen kundgibt, macht es notwendig, den ganzen Andrang der Atmosphäre dabei als Ursache mit in Betracht zu ziehen. Deswegen glaubt Leibniz, dafs seine Hypothese, welche alle Veränderungen auf die allgemeine Circulation des Äthers zurückführt, auch noch mit solchen Theorien zu vereinigen sei, bei denen die Erscheinung auf der

Auslösung von Kräften in den kleinsten Teilchen der Körper beruhen; denn auch diese führen in letzter Instanz auf die Bewegung des Äthers zurück. Hierhin gehören die Lehren der Chemiatrie, welche durch SYLVIUS (FRANZ DE LE BOË, 1614—1672) und seine Hypothesen von der Fermentation als Grundkraft der organischen Erscheinungen und von der Effervescenz des Blutes zu grofsem Einflusse in der Medizin kamen. THOMAS WILLIS zu Oxford, später in London (1621/22—1675) hatte die Bewegung der Muskeln auf eine Explosion zahlloser, sinnlich unwahrnehmbarer Büchsen (sclopeta) als Kraftquelle zurückgeführt.[1] LEIBNIZ sieht in diesen unmerklichen Abfeuerungen nichts andres als seine teils ausgeleerten, teils überfüllten Bläschen, die bei ihrer Mischung platzen. Auch glaubt er seine Theorie mit derjenigen LOWERS (1631—1691) in Übereinstimmung, welcher die Muskelbewegung aus heftigen, in der Richtung wechselnden Kontraktionen zu erklären suchte.

Der *Archäus* VAN HELMONTS, welcher die chemischen Reaktionen veranlassen soll, ist nach LEIBNIZ nichts andres, als der in allen Zwischenräumen befindliche Äther, der durch seine Erregung die innere Bewegung der Flüssigkeiten bewirkt; er ist dasselbe, was TACHENIUS (OTTO TACHEN) den *Rector*, andre den *Spiritus mundi* oder das merkuriale Prinzip nennen, dem man eine plastische Kraft zuschreibt. Er läfst mit ARISTOTELES und DESCARTES gegen DEMOKRIT[2] und GASSENDI kein Vacuum, mit letzteren dagegen gegen ARISTOTELES keine ursprüngliche Verdichtung und Verdünnung zu und glaubt mit DEMOKRIT und ARISTOTELES gegen DESCARTES, dafs den Körpern aufser der

---

[1] *Cerebri anatome, cui accessit nervorum descriptio et usus.* Amstel. 1664. *Op. omnia.* Genev. et Lugd. 1676.

[2] DEMOKRIT gegenüber grenzt LEIBNIZ seine Ansicht durch folgende Worte ab: „Ich halte es für gewifs, dafs unkörperliche Substanzen existieren, dafs die Bewegung nicht vom Körper stammt, sondern äufserlich hinzutritt, und dafs es keine ihrem Wesen nach unteilbare Korpuskeln gibt; auch ist es zum Sehen meiner Meinung nach nicht notwendig, dafs irgend ein Ausflufs vom Objekt zu uns gelangt. Das aber sind die Hauptstücke der demokritischen Philosophie. Dagegen stimme ich mehr dem GASSENDI als dem DESCARTES darin bei, dafs das Wesen des Körpers nicht in der Ausdehnung besteht, sondern Raum und Materie von verschiedener Natur sind; was jedoch nicht hindert, dafs ich die Welt, soweit wenigstens für den Gebrauch der Physik in Betracht kommt, für voll halte." (*M. Schr.* VI p. 84.)

Ausdehnung ein passiver Widerstand gegen die Durchdringung zukomme.[1]

Bei LEIBNIZ' Auseinandersetzung mit seinen Vorgängern und Zeitgenossen wird zwar der Name HOBBES[2] mehrfach erwähnt, jedoch ohne dafs LEIBNIZ auf die soviel näheren Beziehungen einginge, welche zwischen ihm im Vergleich zu DESCARTES oder GASSENDI bestehen. Er gibt vielmehr seiner lebhaften Verwunderung Ausdruck, dafs ein so „tiefsinniger" Mann die Grundlagen der Geometrie leugnen könne (p. 71); an einer andren Stelle fügt er aufser dem Tadel gegen HOBBES' mathematische Begriffe noch hinzu, dafs er die unkörperlichen Seelen und die wahren Indivisibeln leugne; „auch gibt er weiteres über die Bewegung, das wenig bewiesen ist, obwohl ich im Übrigen dem Ruhme dieses Mannes, dessen Tiefe ich sehr hoch schätze, in nichts Abbruch thun will."[3] Vergleicht man aber die *Hypothesis physica* mit HOBBES' Physik, so zeigen sich trotz der offenbaren Abweichungen so starke Berührungspunkte, dafs man, wie oben gesagt, HOBBES als denjenigen nennen mufs, dessen Einflufs auf LEIBNIZ in jener Zeit der mächtigste war. Es wird dies in der Theorie der abstrakten Bewegung noch mehr hervortreten, wir betonen hier nur einige Punkte aus der *Theoria motus concreti*. LEIBNIZ lehrt mit HOBBES, dafs die ganze Welt mit Stoff erfüllt sei, in welchem ursprüngliche Grade der Weichheit zu unterscheiden seien; er nimmt einen überall verbreiteten, intersideralen, höchst flüssigen Äther an, der der Bewegung keinen Widerstand entgegensetzt, und in welchem sich die dichteren Körper der Gestirne (von denen LEIBNIZ nur Sonne und Erde betrachtet) befinden; es gibt keine ursprüngliche Verdichtung und Verdünnung, und alle Bewegung kann den Körpern nur von aufsen her erteilt werden; die Teilbarkeit geht ins Unendliche, die Gröfse ist

---

[1] *M. Schr.* VI p. 98. Letztere Angabe rührt aus einer späteren Zeit (Mai 1702) her, in welcher LEIBNIZ bereits eine aktive Kraft (ἐντελέχεια) in den Körpern annahm; wir haben sie jedoch hier nur soweit berücksichtigt, als sie mit seinen früheren Ansichten übereinstimmt. Die letzte seiner Angaben ist indessen nicht korrekt, da DESCARTES ja den Widerstand gegen die Durchdringung annimmt, aber ihn der Ausdehnung selbst als etwas Positives zuschreibt.

[2] *M. Schr.* VI p. 34, 54, 71, 72, 75, 78, 79, s. auch p. 83.

[3] A. a. O. p. 79.

etwas Relatives und man kann sich ins Unendliche feinere und feinere Teile, Welten in Welten denken. Auch ist der Äther ursprünglich in Ruhe, tritt aber dann bei LEIBNIZ stärker als Vermittler aller Bewegung hervor. Dagegen beruht das Licht bei HOBBES nur auf einer Fortpflanzung des Conatus durch den Äther, nicht auf der Ausschleuderung von Sonnenteilchen, und die Erklärungen der einzelnen Sinneserscheinungen gestalten sich bei LEIBNIZ ganz abweichend. Die Hauptschwierigkeit der Fluiditätstheorie, die Erklärung der Festigkeit, löst LEIBNIZ im Gegensatz zu HOBBES nicht durch Annahme von Schwingungen (reciprocatio), sondern durch die von äußerem Druck veranlaßte „übereinstimmende Bewegung.“ Doch findet sich hierzu noch ein anderer Versuch, auf welchen wir weiter unten zurückkommen (s. S. 468 f.).

Was die LEIBNIZsche *Hypothesis physica* auszeichnet und ihr weiterreichenden Wert verleiht, ist die zugrundegelegte allgemeine Bewegung des Äthers, die Strahlung von der Sonne in ihrer Zusammenwirkung mit einer ursprünglichen Rotation. Auf sie hat auch LEIBNIZ immer wieder Bezug genommen. Im übrigen bietet sie vor andren vorangegangenen Korpuskulartheorien nichts Hervorragendes, da die Annahme hohler und gefüllter Bläschen nicht mehr als eine sinnliche Verdeutlichung zu leisten vermag. Eine Zurückführung auf mathematische Gesetze und mechanische Prinzipien und eine Herleitung bestimmter Erscheinungen im Einzelnen ist nicht möglich. Sie leidet an dem Grundfehler, von vornherein unerklärbare verschiedene Grade der Dichtigkeit in den Elementen Erde, Wasser, Luft und Äther vorauszusetzen, und ist allen den Einwürfen ausgesetzt, welche in dieser Hinsicht die hobbesische Fluiditätstheorie treffen.

2. Die Theorie der abstrakten Bewegung.

Im Gegensatz zu den hypothetischen Erklärungen der beobachteten Erscheinungen will LEIBNIZ in der Theorie der abstrakten Bewegung[1] diejenigen Gesetze ermitteln, welche sich

[1] *Theoria motus abstracti seu Rationes motuum universales a sensu et phaenomenis independentes*. Autore G. G. L. L. GERH. *Math. Schr.* VI p. 66 ff. Vgl. SCHALLER 1 S. 457 ff.

bei rein rationaler Betrachtung für die Bewegung ergeben, ohne Rücksicht auf die sinnliche Erfahrung. Daſs er dieselben nicht in Übereinstimmung fand mit den Voraussetzungen, welche die Physik zur Erklärung der Phänomene forderte, wurde für ihn zum Antrieb, über die erhaltenen Resultate hinauszugehen und schlieſslich zur dynamischen Begründung der Realität der Bewegung zu gelangen.

Wir finden in der *Theoria motus abstracti* äuſserst wichtige Festsetzungen über die Bewegung im Zusammenhange mit dem Begriff des Kontinuums. LEIBNIZ unterscheidet zwischen *Minimum* und *Inextensum*. Unter Minimum versteht er dasjenige, was keine Gröſse oder keinen Teil besitzt. Etwas derartiges kann es nicht geben, weil es keine Beziehung zum Raume, keine Lage besitzen könnte. Dagegen gibt es *actu* unendliche Teile des Kontinuums. „Ein Punkt ist nicht dasjenige, was keine Teile besitzt, noch dasjenige, dessen Teil nicht in Betracht kommt (non consideratur),[1] sondern dasjenige, dem keine Ausdehnung zukommt oder dessen Teile keinen Abstand haben, dessen Gröſse sich nicht in Betracht ziehen oder angeben läſst, weil sie kleiner ist als das, was durch ein Verhältnis zu einer andern sinnlichen Gröſse (es sei denn ein unendliches) darstellbar ist, und kleiner, als man angeben kann. Und dies ist das Fundament der cavalierischen Methode, wodurch ihre Wahrheit evident bewiesen wird, indem man gewisse sozusagen Rudimente oder Anfänge der Linien und Figuren denkt, kleiner als jede beliebige angebbare Gröſse."[2]

Diese Definition hellt den LEIBNIZschen Begriff vom Unendlichkleinen auf und enthält nichts andres, als denjenigen des Differenzials in seiner ganzen erkenntniskritischen Bedeutung, nämlich die Ableitung der sinnlichen Ausdehnung aus dem rationalen Begriff des Kontinuums; oder, um es der empirischen Thatsache, daſs die sinnliche Erfahrung von der Ausdehnung psychologisch früher ist, als der theoretische Begriff des Kontinuums, mehr entsprechend und dadurch leichter verständlich auszudrücken: Die sinnliche Thatsache der Ausdehnung in Raum

[1] Die erste Bemerkung geht gegen EUKLID, die zweite gegen HOBBES.
[2] *M. Schr.* VI p. 68.

d Zeit wird hierdurch auf einen Begriff gebracht, der nicht
ehr das Faktum der endlichen Ausdehnung enthält, wohl
er dieselbe als Erzeugungsgesetz im Kontinuum defi-
ert. Daher konnte Leibniz sagen: Es gibt Unteilbare oder
ausgedehnte; Unteilbare nämlich, weil sie unausgedehnt sind,
d nur das teilbar ist, was in der Ausdehnung gegeben ist.
e Ausdehnung selbst aber ist durch ihre kontinuierliche Er-
ugung gegeben und hat ihre objektive Realität im Begriff
r Tendenz zur Ausdehnung, im Denkmittel der Variabilität.
n Beweis führt Leibniz aus dem eleatischen Porisma, dafs
n der Mitte einer kontinuierlichen Extension aus, sei sie Linie,
it, Bewegung oder Körper, niemals ein Anfang oder Ende
gebbar ist, weil sich in der Ausdehnung immer unendlich-
ele Punkte dazwischen bezeichnen lassen. Da nun vom An-
ng oder Ende immer noch Ausdehnung weggenommen werden
nn, so gibt es entweder keinen Anfang, oder er hat keine
usdehnung. Das erstere ist absurd, und zwar, wie wir hinzu-
gen, darum, weil es in der sinnlichen Erfahrung Anfang und
nde des Ausgedehnten gibt, und die Aufgabe eben darin be-
eht, hierfür einen Begriff aufzuweisen; folglich kann dieser
egriff nur in dem *Inextensum* gefunden werden. Der Zusammen-
ng mit der sinnlichen Erfahrung des Ausgedehnten wird aber
durch aufrecht erhalten, dafs das *Inextensum* sich als das un-
dlich kleine Element des *Extensum* ausweist, nämlich als das-
nige, was, selbst ohne Ausdehnung, die gesetzmäfsige Er-
ugung derselben definiert. So erzeugt die gesetzmäfsige Zu-
er Abnahme einer Linie bei ihrer gleichmäfsigen Verschiebung
ch der cavalierischen Methode die Fläche.

Wenn es jedoch zu einer Objektivierung der sinnlichen
sdehnung kommen soll, so mufs der Begriff der Erzeugung,
blofse Realitätssetzung, auch Vergleichbarkeit mit andern
alitäten erhalten, d. h. sie mufs Gröfse bekommen. Hierzu
darf es einer Einheit als Mafs. Es mufs daher eine sich selbst
ichmäfsig erzeugende Gröfse angenommen werden, und diese
die Zeit. Damit überhaupt Erfahrung von Gröfsen statt-
den kann, mufs ein gleichmäfsiger Verlauf der Zeit als Be-
ngung der Erfahrung vorausgesetzt werden. Das ist der
nn, welcher darin liegt, dafs Leibniz die Zeitelemente als

gleich grofs bezeichnet.[1] Am Element der Zeit gemessen, erhalten die Elemente des Raumes und der Bewegung Vergleichbarkeit und Gröfse. Das Raumelement hat ebensowenig wie das Bewegungselement ein endliches Verhältnis zum ausgedehnten Raume und zur ausgedehnten Bewegung,[2] aber zur unausgedehnten Zeit haben sie ein Verhältnis, wenn diese im konstanten Zeitelement fixiert ist. Die verschiedene Gröfse der Bewegungselemente wird dabei aus der thatsächlichen Verschiedenheit der endlichen Geschwindigkeiten abgeleitet, und aus dieser auf die Verschiedenheit der Raumelemente unter Voraussetzung konstanter Zeitelemente geschlossen.

Der Beginn der Ausdehnung heifst *Punctum*, der Beginn der Bewegung *Conatus*. Da die Fortsetzung der Bewegung bereits in ihrem Beginn definiert sein mufs und thatsächlich die empirischen Ausdehnungen der Bewegungen verschieden sind, so mufs diese Verschiedenheit schon in den unendlichkleinen Elementen der Bewegung, d. h. in dem verschiedenen Verhältnis des Conatus zum Zeitelement angelegt sein. Es kann also ein Wegelement (conatus) gröfser sein als ein andres. Da ein stärkerer Conatus aber während eines Zeitelements einen gröfseren Weg erzeugt als ein schwächerer, in demselben (konstanten) Zeitelement aber immer nur ein Wegelement zurückgelegt werden kann, so müssen diese, d. h. die Raumelemente (puncta), ebenfalls verschiedene Gröfse besitzen können. Eine solche Vergleichung setzt, wie hier bemerkt werden mag, stillschweigend den Begriff der Zahl als eines Kontinuums voraus; die Zahl tritt zwar nur in der sinnlichen Erscheinung in die Erfahrung, aber ihr Begriff ist die Bedingung der Möglichkeit dieser Erfahrung, ein Verfahren des Bewufstseins, Einheit und Vergleichbarkeit zu konstituieren.

Die Bewegung ist durchaus kontinuierlich, sie bleibt daher auch im Zeitmoment bestehen als Conatus. Dieser Conatus pflanzt sich im Vollen durch alle Hindernisse ins Unendliche fort und prägt allem andern diesen Conatus ein; denn wenn

---

[1] *M. Schr.* VI p. 70. Punctum puncto, conatus conatu major est, instans vero instanti aequale.

[2] A. a. O. Conatus est ad motum ut punctum ad spatium, seu ut unum ad infinitum, est enim initium finisque motus.

auch die räumliche Bewegung aufhört, so findet doch das Streben noch statt, d. h. sie beginnt die Hindernisse zu bewegen, obwohl sie von diesen überwunden wird. Diesen Begriff des Conatus als die Fortsetzung der endlichen Bewegung, als den Ausgang derselben an der Grenze der Hindernisse, hat LEIBNIZ vollständig von HOBBES entnommen; wo die Bewegung als Extension verschwindet, bleibt sie als Streben zur Bewegung, als Bewegung im unendlichkleinen Zeitmoment bestehen. Daher können nun, ganz wie bei HOBBES, verschiedene Bewegungen in demselben Körper, d. h. in demselben Raumpunkte bestehen, nämlich als Conatus. Die Beziehung verschiedener Bewegungen auf denselben Raum- und Zeitpunkt ist durch die Auffassung derselben als Conatus, als die Tendenz[1] zur Bewegung, möglich gemacht, so, daſs zwar die Extension der Bewegung, nicht aber das Gröſsenverhältnis der Bewegungsmomente aufgehoben wird. Dadurch ist die Zusammensetzung ermöglicht. Der Begriff des galileischen Moments ist durch HOBBES' Vermittelung an den Mann gelangt, welcher bald darauf das arithmetische Zeichen für denselben fand und nunmehr die Realisierung der Bewegung im Differenzial vollzog.

HOBBES hatte die Kontinuität der Bewegung darauf gegründet, daſs jeder Körper, so klein er auch sei, bei der Bewegung gleichzeitig in verschiedenen Orten sei, d. h. er hatte eben den Begriff des Übergangs von einem Raumpunkt zum andren im Zeitmoment festgehalten. Auch LEIBNIZ sagt: Ein Punkt eines bewegten Körpers ist in der Zeit des Conatus, d. h. im Zeitelement (tempore minore quam quod dari potest) in mehreren Punkten des Raumes, d. h. er erfüllt einen gröſseren Teil des Raumes, als er selbst während der Ruhe einnimmt, indem er entweder langsamer bewegt wird, oder nur in einer Richtung strebt, wenn auch immer noch bloſs einen unangebbaren, in einem Punkte bestehenden Raumteil; dennoch verhält sich der Punkt des Körpers, d. h. der Raumpunkt, den er in der Ruhe anfüllt, zu dem Raumpunkt, den er in der Bewegung erfüllt, wie ein Punkt zur Linie. Hier strebt LEIBNIZ danach,

[1] Der Ausdruck Tendenz (tendentia) für diesen Begriff rührt von ERHARD WEIGEL (1625—99) her, wie LEIBNIZ im *Phoranomus* angibt, ed. GERHARDT *Arch. f. Gesch. d. Ph.* I S. 578.

das Raumelement von dem Wegelement, das ein Punkt im unendlichkleinen Zeitteil zurücklegt, zu unterscheiden, erfafst jedoch zunächst nur einen Teil des Problems; er erkennt, dafs beide unendlichkleine Gröfsen sind, und auch, dafs sie verschiedener Art sind, aber das Verhältnis, in dem sie stehen, erkennt er nicht; er stellt das Raumelement in dasselbe Verhältnis zum Wegelement, wie den Punkt zur Linie, weil ersteres durch einen Punkt, letzteres durch eine Linie repräsentiert erscheint. Aber der Unterschied ist der zwischen dem geometrischen und dem phoronomischen Unendlichkleinen; der ruhende Raumpunkt ist ein unendlichkleines Volumen, das Wegelement ein unendlich kleiner Weg, welcher den Begriff der Zeit mit enthält. Da Leibniz die Verschiedenheit der Raumpunkte auf die Verschiedenheit der Conatus im Zeitelement begründet hatte, so sieht er sich jetzt genötigt, noch den ruhenden Raumpunkt gewissermafsen als ein Unendlichkleines höherer Ordnung einzuführen. Diese Konfundierung von geometrischen und mechanischen Begriffen rächt sich sogleich in der Anwendung, welche Leibniz über Hobbes hinaus zu machen sucht, indem er die Kohäsion aus dem Conatus erklären will. In demselben Jahre in welchem die *Theoria motus abstracti* entstand, schreibt Leibniz an Hobbes über diesen Versuch, zum Teil fast wörtlich so, wie im Text der *Hypothesis*,[1] also wahrscheinlich ziemlich gleichzeitig. Wir geben jedoch die Leibnizsche Erklärung der Kohäsion nach dem Brief an Hobbes, weil sie einerseits darin noch deutlicher ausgedrückt erscheint, andrerseits zugleich das Verhältnis zu Hobbes ans Licht tritt. Es heifst dort:[2] „Ich möchte glauben, dafs um die Kohäsion der Körper zu bewirken, der gegenseitige Conatus der Teile ausreicht, d. h. die Bewegung, wodurch der eine auf den andern drückt. Denn was sich drückt, ist im Streben nach Durchdringung. Das Streben (conatus) ist der Beginn, die Durchdringung ist Einigung. Sie sind also im Beginn der Einigung. Was aber im Beginn der Einigung ist, dessen Anfänge oder Grenzen sind Eins. Dasjenige, dessen Grenzen Eins sind (τὰ ἔσχατα ἕν), ist auch nach der Definition

[1] *M. Schr.* VI p. 59.

[2] Brief an Hobbes vom 13/23. Juli 1670, herausg. v. Tönnies, *Philos. Monatsh.* XXIII (1887) S. 559.

des ARISTOTELES nicht blofs in Berührung, sondern bildet ein Kontinuum, in Wahrheit einen Körper, der durch eine Bewegung in Bewegung zu setzen ist. Diese Betrachtungen, wenn sie etwas Wahres haben, dürften, wie Sie leicht erkennen, keine geringe Neuerung in der Theorie der Bewegung bieten. Jetzt habe ich nur noch zu zeigen, dafs das, was sich drückt, im Conatus der Durchdringung ist. Drücken heifst in den Ort eines andern hinstreben, so lange letzteres noch in jenem besteht. Der Conatus ist der Beginn der Bewegung, also der Beginn dazu, dort zu sein, wohin der Körper strebt. In einem Orte sich befinden, wo ein andrer Körper besteht, heifst ihn durchdringen. Also ist der Druck der Conatus der Durchdringung. Aber dies werden Sie genauer beurteilen, dem in der Prüfung von Beweisen nicht leicht jemand an Genauigkeit sich vergleichen darf." In der *Theoria motus abstracti* steht noch der Satz: „Also sind Körper, welche sich drücken oder antreiben, in Kohäsion (cohaerent)." Körper sollen also dadurch zu einem einzigen werden, dafs an ihren Grenzen Durchdringung, wenn auch nur im unendlichkleinen Raumelement, eintritt.

Wir hatten bei HOBBES ausgeführt, dafs er im Begriff des Conatus die Druckempfindung objektiviert habe als eine virtuelle Bewegung. Insofern nun Kohäsion auf dem Druck äufserer Materie beruht, ist gewifs auch der Conatus der begriffliche Ausdruck für diese Druckkräfte, aber die kohärierenden Teile bilden einen Körper eben nur so lange, als der äufsere Druck geringer ist als die trennende Kraft. Dieses quantitative Element geht in dem geistreichen Aperçu des LEIBNIZ vollständig verloren. Aus dem mechanischen Zusammenhange, der nur durch das Gleichgewicht der Conatus besteht, ist auf einmal ein metaphysischer Zusammenhang geworden, die Einheit des Körpers, auf welche die aristotelische Definition des Kontinuums pafst. LEIBNIZ hat hier blofs noch den logischen Begriff des Zusammenhangs, nicht mehr die physische Bedeutung der Kohäsion im Auge. Denn es müfste dann jeder Conatus, ob grofs oder klein, vollständige Kohäsion ohne Gradunterschiede hervorbringen, da jeder Conatus eine Durchdringung der Grenzen, ein τὰ ἔσχατα ἕν hervorruft. Dadurch geht aber der Wert des Conatus, die Druckempfindung als mefsbare Gröfse zu objektivieren, vollständig verloren. Die LEIBNIZsche Exkursion in

das aristotelische Definitionssystem fördert daher die Frage nach der Kohäsion, nach der Einheit der Teile in der Bewegung, gar nicht, sondern verwirrt sie nur; sie konfundiert die geometrische Kontinuität mit der mechanischen Kohäsion. Und deshalb ist ihre Quelle schon in der nicht gelungenen Unterscheilung des geometrischen und mechanischen Unendlichkleinen zu suchen.

Leibniz hatte sich hierbei mit seinen eigenen Prinzipien in Widerspruch gesetzt, und zwar dadurch, dafs er den Begriff des Conatus allerdings von Hobbes aufgenommen, aber, da er dessen Ansicht von der substanziellen Ausdehnung des Körpers nicht teilte, die Elemente des Kontinuums zum Inextensiven gemacht hatte. Ist jedoch das Wegelement — und ganz mit Recht — nicht mehr ausgedehnt (sondern eben die unendlichkleine Ausdehnung), so durfte er auch jetzt nicht den bewegten Punkt gleichzeitig in mehreren Raumpunkten sein lassen, sondern er mufste die bei Hobbes berechtigte Vorstellung dem Begriffe des Inextensiven gemäfs umformen. Die unendlichkleinen Elemente des Weges stehen zwar in endlichen Gröfsenverhältnissen zu einander, sie sind durch Linien in der Ausdehnung zu repräsentieren, aber sie durften im Begriffe nicht wieder als ausgedehnte Linien betrachtet werden, die sich wie Raumgröfsen durchdringen; damit wurde die Extension wieder in die Elemente hineingetragen. Dies mochte Leibniz durchschauen, als ihm die arithmetische Bedeutung des Differenzials aufgegangen war.

Daher hat er auch bald diese Erklärung der Kohäsion fallen lassen, die, wie es scheint, nur eine vorübergehende Einwirkung seiner konziliatorischen Bestrebung mit Aristoteles war. Schon in dem Briefe an Fabri ist gesagt, dafs man keine andre Ursache für die Kohäsion zu suchen habe, als die übereinstimmende Bewegung der Teile.[1]

3. Die Substanzialisierung der Kraft.

Dafs seine Theorie der Bewegung eine Lücke besitzen müsse, hat Leibniz selbst alsbald erkannt. Es fehlte ihm noch

[1] *M. Schr.* VI p. 87.

ein Begriff, um seinen Körpern Substanzialität oder seinen Bewegungen Realität zu verleihen und die Theorie der Erfahrung anzupassen. Dies Fehlende suchte er zunächst in der „Ökonomie des Systems“, d. h. in der Wirksamkeit des Äthers. Er suchte dadurch einen Ersatz zu schaffen für die Grundlage, welche Hobbes in der Substanzialität des Körpers besaſs.

Vergleicht man die Festsetzungen Leibnizens mit denen von Hobbes, so zeigt sich, daſs der Begriff, welchen beide mit den Terminis *instans*, *punctum* und *conatus* verbinden wollen, auf dem gleichen Bestreben nach einer Fundierung des Kontinuums im Unendlichen beruht. Denn wenn Leibniz auch im Gegensatz zu Hobbes den Punkt nicht als das erklärt wissen will, dessen Teile nicht in Betracht kommen, sondern als das, dessen Teile nicht in Betracht kommen können, weil sie nicht mehr zur Ausdehnung gehören, so ändert dies nichts am thatsächlichen Gebrauch der Begriffe als der unendlichkleinen Elemente der Ausdehnung. Aber wohl spricht sich darin der Unterschied der metaphysischen Standpunkte aus. Nach Hobbes gibt es überhaupt nichts, das nicht ausgedehnt wäre; deshalb beschränkt sich seine begriffliche Fundierung der sinnlichen Veränderung auf die logische Abstraktion von der Ausdehnung — sie wird im Punkte nicht in Betracht gezogen, weil es nur auf die Einheit der Setzung ankommt — sie ist aber nicht aufgehoben, weil der Begriff der Gröſse bei Hobbes an der Ausdehnung haftet und die Vergleichung verschiedener Punkte sonst nicht möglich wäre. Bei Leibniz dagegen liegt immer im Hintergrunde der Gedanke, der sich hier eben erst in dieser Abweichung von Hobbes verrät, daſs die Ausdehnung das Wesen des Körpers nicht erschöpft. Er spricht ohne Scheu von dem Gegebensein und der Verschiedenheit der *Inextensa*, weil er die Realität derselben nicht in der Ausdehnung sucht, obwohl ihm vorläufig noch der zureichende Begriff für das fehlt, was nichts andres ist als die intensive Gröſse. Hier eben zeigt sich der innerste Prozeſs, der Leibniz zur Differenzialrechnung und zur Substanzialisierung der Kraft führte. Er ergreift begierig die Hobbesische Rationalisierung der Veränderung des Kontinuums im unendlichkleinen Element der Ausdehnung und erweitert das letztere zum Inextensiven. So hat er das Nichtausgedehnte durch Hilfe des Unendlichkleinen mit der Ausdehnung als deren Bedingung verbunden.

Hier aber griff ein andres Element aus dem Genie des universalen Denkers ein; seine mathematische Durchbildung. Jene Auffassung des Nichtausgedehnten als Beginn der Ausdehnung war ihm nur darum möglich, weil für ihn die Gröſse nicht durch die Ausdehnung, wie bei Hobbes, sondern im Begriffe der Zahl gegeben war, und er daher die verschiedenen Verhältnisse der unendlichkleinen Elemente als arithmetische Werte zu fassen vermochte. So konnte er es unternehmen, dieselben durch Zahlzeichen, durch algebraische Charaktere zu repräsentieren und der Rechnung zu unterwerfen.

Er versucht mechanisch und geometrisch diesen Begriff zu verwerten. Das letztere gelingt ihm, er findet im Jahre 1675 den Algorithmus der Differenzialrechnung,[1] er kann die Verhältnisse der unendlichkleinen Veränderungen ausgedehnter Gröſsen in Beziehung setzen, mit ihnen operieren und auf Beziehungen der ausgedehnten Gröſsen aus ihnen zurückschlieſsen. Hier hat der Begriff des Kontinuums in der Abstraktion von der Ausdehnung die überraschendste Frucht getragen. Im Besitze dieser Frucht war Leibniz bereits, als er Fabri seine in der *Hypothesis physica* aufgestellten Ansichten auseinandersetzte. Aber in diesem Briefe ist die Theorie der abstrakten Bewegung samt dem Begriffe des Conatus verschwunden, Leibniz redet nicht mehr davon, er wünscht jedoch, Fabri hätte ihm gesagt, worin denn das Wesen des Körpers bestehe, woher die Undurchdringlichkeit stamme.[2] Offenbar hat sich Leibniz hier selbst noch nicht entschieden, aber er hat bereits erkannt, daſs seine Theorie vom Conatus für die Mechanik nicht zur Konstituierung der Wissenschaft ausreicht, wie diejenige vom Raumelement in der Geometrie zur Aufstellung der Analysis des Unendlichen. Die stetige Auffassung der Zahl und ihre Anwendung auf die Elemente von Raum und Zeit gaben reiche Entdeckungen in Arithmetik, Geometrie und Phoronomie, aber sie gaben keine Dynamik, keine Darstellung der Kraftwirkungen der Körpermassen. Was fehlte hier noch an dem Begriff des Conatus? Was war das, was in den physischen Körpern noch auſser der Ausdehnung steckte? Wenn der Begriff des *Inextensum*

[1] Vgl. Gerhardt, *Entdeckung d. höh. Anal.* S. 58.
[2] *M. Schr.* VI p. 97.

zur Erzeugung der Zahl- und Raumgröfse auszureichen schien, aber trotz der Verbindung mit der Bewegung das Wesen des Körpers noch nicht erschöpfte, wenn aber andrerseits das Wesen des Körpers sich als seine sinnliche Wirkungsfähigkeit im Gegensatz zum geometrischen Körper und der phoronomischen Bewegung offenbarte, so mufste es wohl aufser den *Inextensa* von Raum, Zeit und Bewegung noch ein weiteres *Inextensum* geben, welches jene Wirkungsfähigkeit realisiert. Daher machte LEIBNIZ die letztere im Begriff der Kraft ebenfalls zu einem *Inextensum*, er machte das Unausgedehnte zum Intensiven. Aber er band den Begriff der dynamischen Wirkung an den Punkt, als das Element des Raumes; er substanzialisierte die Kraft als Bewegungsursache, statt die Bewegung zu realisieren. So fielen Substanzen, Kräfte und Punkte zusammen. Dieser Fehlgriff hat seine letzte Wurzel darin, dafs LEIBNIZ den Begriff des Conatus von HOBBES entnahm, nicht aber die Substanzialität des Körpers, welche jenem als Voraussetzung und realisierender Träger der Bewegung diente.

Als nun LEIBNIZ sehr wohl erkannte, dafs sein Begriff vom Conatus ohne die Substanzialität des Körpers von der Phoronomie in die Dynamik nicht hinüber führte, konnte er sich doch nicht entschliefsen, die Ausdehnung im Atom zu substanzialisieren und dadurch der im Conatus realisierten Bewegung dasjenige Substrat zu verleihen, welches sie zur Anwendung des Begriffs der Wechselwirkung befähigte, sondern er machte den Conatus, dessen Realität ja schon im Zeitelement gesichert war, auch noch zur Substanz, um auf diese Weise die ihm fehlende Substanzialität des Körpers zu ersetzen. Er konnte sich nicht damit begnügen, das Intensive der Wirkung allein in dem die Bewegung realisierenden Conatus zu sehen, weil alsdann die Ausdehnung des Körpers ohne Substanzialität zur sinnlichen Illusion geworden wäre; und da nun einmal der Körper für sich keine Substanzialität erhalten sollte, mufste er sie mit der Bewegung zugleich bekommen, d. h. die Bewegung wurde im Raumpunkte noch einmal als Kraft substanzialisiert. So entstand die dynamische Theorie der Materie. Sie beruht auf dem unzulässigen Bestreben, das Denkmittel der Substanzialität in dasjenige der Variabilität aufzunehmen.

Dafs, wie oben erwähnt, LEIBNIZ sehr bald erkannte, es müsse,

wenn die Substanzialität des Körpers nicht in seiner Ausdehnung besteht, die Realität der Körperwelt in andrer Weise gewährleistet werden, und wie er diesem Mangel abzuhelfen suchte, erörtern wir noch an einigen historischen Zeugnissen. Er konnte zunächst diese Realität nur in der Bewegung sehen, denn nur diese kann, wenn das Wesen des Körpers in der Ausdehnung besteht, Körper und Raum differenzieren; und so nimmt er gerade aus seiner Bewegungslehre einen Grund, die Ausdehnung als wesentliche Eigenschaft des Körpers zu leugnen, weil der Begriff derselben schon durch den des Raumes erschöpft sei.[1] Aber es war ihm nicht möglich, von hier zu Gesetzen der Körperwelt zu gelangen, weil ihm jedes quantitative Gesetz über die Mitteilung der Bewegung fehlte; es mangelte ihm an Prinzipien der Mechanik, und somit kam seine Mechanik nicht über die Phoronomie hinaus, er bewegte sich selbst in der Konstitution des Begriffs der unendlich kleinen Bewegung immer nur in den Grenzen der Phoronomie und Geometrie. Und eben auf diesem Mangel beruhte es, daſs er, obwohl ihm das Denkmittel der Variabilität zur Verfügung stand und er den Begriff des Conatus besaſs, doch nicht den Schluſs vollziehen konnte, daſs in der Gröſse des Conatus das Intensive der Empfindung objektiviert ist — eben weil der Conatus keine meſsbare Gröſse für ihn besaſs und sich mit der empirischen Empfindung nicht in Beziehung setzen lieſs. Wohl unterschied sich der bewegte Körper vom ruhenden durch die Tendenz der Bewegung in jedem Momente, aber die Wechselwirkung der Körper wollte sich nicht daraus ergeben; zwar lieſsen sich die Conatus mathematisch zusammensetzen, aber die Körper wollten ihnen nicht folgen! Leibniz spricht sich selbst darüber aus, wie ihm sein Irrtum klar wurde[2] und er-

[1] Brief an Arnauld, 1671 od. 72. *Phil. Schr.* I, p. 72. S. Selver, a. a. O. S. 423, 424, A. 2.

[2] „Es wollte sich nicht zeigen, wie ein Conatus in der Natur vernichtet oder einem Körper genommen werden könne. Ich begriff nämlich nicht, wie es möglich sei, daſs der Conatus eines in Bewegung versetzten Körpers (wenn er auch sicher durch einen entgegengesetzten Conatus *per accidens* aufgenommen werden konnte) nicht an und für sich seine Wirkung behielte, weil man sich ja kein andres Hindernis desselben denken konnte, als einen Körper, der sich demjenigen entgegenstellte, welcher seine Bewegung fortzusetzen strebte. Nun

klärt dann weiter, dafs er, um das System der Dinge mit seinen Bewegungsgesetzen in Übereinstimmung zu bringen, angenommen habe, dafs die elementaren oder primitiven Körper untereinander gleich seien. „Daraus ergab sich ein Modus zu bewirken, dafs ein gröfserer Körper stärker widerstehe, falls die Elemente in ihm nicht kontinuierlich, sondern mit Unterbrechungen angenommen werden.“ [1]

LEIBNIZ mufs also wieder zur Korpuskulartheorie zurückgreifen und findet den richtigen Ausweg, dafs die Menge der bewegten Materie, definiert durch die Anzahl der Elementarkörperchen, geeignet ist, ein Gesetz über die Mitteilung der Bewegungen aufzustellen, welches Gröfsenbestimmungen gestattet. Aber hier findet sich die andre Schwierigkeit, welche jede Atomistik bietet, so lange man das Wesen der Prinzipien der Mechanik und zwar des Satzes von der Erhaltung der Energie noch nicht erfafst hat. LEIBNIZ fährt fort:

„Alles erwogen, bemerkte ich schliefslich, dafs ich durch derartige Regeln den Ausgang nicht finden könne. Wenn es nämlich auch möglich wäre, dafs die Wirkung, welche durch den entgegengesetzten Anlauf in der Materie verloren geht oder vermindert wird, wieder vermehrt oder hergestellt werde durch

---

ist aber ein solcher im freien Raum befindlich und mit diesem durch keinerlei Fessel verbunden, sondern höchstens wieder mit einem andren Körper, mit welchem er ein Ganzes ausmacht, das doch schliefslich durch nichts weiter gebunden ist; dieser Gesamtkörper, wie grofs er immer sei, wird dann den Conatus aufnehmen und ihm bereitwillig weichen, ob er in Ruhe oder schon in Bewegung sei, zumal auch die entgegengesetzte Bewegung den entgegengesetzten Conatus nicht vernichtet, sondern nur kompensiert. Darum sah ich nicht, warum nicht jeder Conatus einem entgegenstehenden Körper eingeprägt werden sollte. Und da aufserdem der ankommende Körper im Momente des Anlaufs den Conatus der Fortsetzung und des Antreibens des entgegengesetzten besitzt, d. h. den entgegengesetzten anzutreiben beginnt, meinte ich, es folge hieraus, dafs dieser angetrieben zu werden begönne und daher auch selbst fortzuschreiten strebte. Da es also zwar einen Grund zur Annahme des Conatus gab, aber kein Grund für die Ausschliefsung oder Begrenzung desselben im aufnehmenden Körper aus dem Begriff des Körpers hergeleitet werden konnte, so nahm ich für jeden Conatus die volle Wirkung auf alles Entgegenstehende an und erklärte allgemein, dafs jeder Körper den Conatus eines andren, dem er widersteht, aufnehme.“ GERHARDT, *Arch. f. Gesch. d. Phil.* I, S. 578, 579.

[1] A. a. O. Inde jam apparebat modus efficiendi, ut corpus majus magis resisteret, modo elementa in eo non continua sed interrupta ponerentur....

den Anlauf auf den vorangehenden oder ruhenden Körper, so dafs dennoch die Kompensation in der Natur immer genau stattfinde, so sah ich doch, dafs dies aus jenen Regeln der Bewegung, wie man sie auch kombiniere, allein nicht erhalten werden könne, sondern dafs es dazu eines gewissen höheren Prinzips bedürfe, um Regeln einer systematischen Bewegung zu erhalten, da die Körper selbst, wenn sie nur in ihrem mathematischen Begriffe bestehen, die zukünftigen Wirkungen und daher die Gesetze ihrer Bewegungen nicht enthalten können. Gewifs war soviel klar: Durch meine Stofsgesetze konnte zwar ein Modus gefunden werden, dafs eine geringere Geschwindigkeit entsteht, als gegenwärtig in den Körpern ist, aber eine gröfsere zu erhalten war unmöglich. Daher stand fest, dafs die Geschwindigkeit immer verringert und niemals wieder hergestellt werden würde. Aus diesen und vielfachen andern Gründen habe ich endlich geschlossen, dafs die Natur der Materie uns noch nicht zur Genüge bekannt sei, und dafs wir uns von der Trägheit der Körper oder ihrem Vermögen (potentiae) keine Rechenschaft geben können, wenn nicht etwas andres als die Ausdehnung und die Undurchdringlichkeit in den Körpern statuiert wird . . . Die mechanischen Prinzipien selbst und die Gesetze der Bewegung stammen, glaube ich, aus der Notwendigkeit der Materie, aber aus einem gewissen höheren Prinzip, das von der Anschaulichkeit und dem Mathematischen unabhängig ist." . . .

Weiter glaubt LEIBNIZ aus dem Zweifel an der Existenz einer absoluten Bewegung schliefsen zu müssen, dafs das Reale und Absolute in der Bewegung nicht in dem rein Mathematischen, der blofsen Lageveränderung, bestehe, sondern in einer bewegenden Kraft selbst; wenn es eine solche nicht gäbe, würde die absolute und reale Bewegung selbst zweifellos aufgehoben werden.

„Andrerseits haben wir in der Natur etwas, das nicht mathematisch ist, zumal die Bewegungsversuche zweier sich begegnenden Körper selbst zeigen, dafs die Natur mit wunderbarer Vorsicht dafür sorge, dafs die Gewalt des Stofses und (wenn Empfindung vorausgesetzt wird) die Gröfse des Schmerzes dieselbe bleibt, sobald die Körper sich mit derselben relativen Geschwindigkeit annähern, so dafs es nichts ausmacht, nach welchem Verhältnis die Bewegung auf den einen oder den andren Körper verteilt ist, als ob es somit keine absolute Bewegung gäbe. Um mich endlich aus diesem Labyrinthe herauszufinden, fand ich keinen andren Ariadnefaden, als die Schätzung der Kräfte unter Annahme des metaphysischen Prinzips: dafs die Gesamtwirkung stets gleich ist ihrer vollen Ursache. Je mehr ich begriff, dafs dies mit den Versuchen übereinstimme und allen Zweifeln Genüge thue, desto mehr bin ich in besagter Ansicht bestärkt worden, dafs die Ursachen der Dinge nicht so zu sagen fühllos (surdas) und rein mathematisch seien, wie der Zusammenstofs der Atome oder gewisse blinde Naturkräfte, sondern von einer gewissen Intelligenz herkommen, welche mit metaphysischen Gründen rechnet (quae metaphysicis rationibus uteretur)."

Eine klarere Darlegung der Motive, welche LEIBNIZ von
r kinetischen zur dynamischen und metaphysischen Be-
ündung des Körperbegriffs geführt haben, als er hier selbst
bt, kann man nicht wünschen. Um überhaupt zu Bewegungs-
setzen zu gelangen, bedurfte es der Einführung der Gröfse
r bewegten Materie, also im letzten Grunde fester Partikeln.
ir sie zeigt auch LEIBNIZ immer noch eine gewisse Vorliebe,
gibt wenigstens zu, dafs GASSENDI richtiger philosophiert
be als DESCARTES, aber er findet doch unüberwindliche
hwierigkeiten in der Atomistik, d. h. in der Substanzialität der
lidität. Es mag sein, dafs hier theologische Motive, auf die
IBNIZ wiederholt Wert legt, insbesondere die Schwierigkeiten,
lche sich für die Transsubstanziationslehre darbieten, von
nflufs gewesen sind.[1] Immerhin aber dürften derartige Wünsche
r Gesinnung nur die Richtung des LEIBNIZschen Denkens,
cht aber seine Begründung beeinflufst haben, welche wesentlich
den mathematisch-physikalischen Studien wurzelt.

Wir finden vielmehr die Motive des LEIBNIZschen Über-
ngs zur Substanzialisierung, deren innerer Zusammenhang
en schon angedeutet, äufserlich bedingt durch seinen Verkehr
it HUYGENS, die dadurch gewonnene Überzeugung von der
ichtigkeit der Gesetze des elastischen Stofses und das Ver-
ändnis des im *Horologium oscillatorium* (1673) aufgestellten
rundsatzes: Der Schwerpunkt des Pendels steigt so hoch
s er gefallen ist. Hierin liegt der Gedanke, welcher LEIBNIZ
r Aufstellung seines neuen Kräftemafses und infolgedessen
r Substanzialisierung der Kraft führte. Auch bei LEIBNIZ
, wie bei HUYGENS, die Bewegung nur durch Stofs mitteilbar.
ründet er die Bewegungsgesetze auf die Übertragung des
natus in der absolut flüssigen Materie, so gibt es keine Be-
enzung des Conatus; gründet er sie auf den Widerstand
solut fester Teilchen, so mufs sich die Wirkung allmählich
rlieren. Aus diesem Labyrinth, sagt LEIBNIZ, führte ihn nur
r Ariadnefaden von der Erhaltung der nach dem Quadrate
r Geschwindigkeit geschätzten Kräfte. Diese Ariadne aber

[1] Vgl. das von GERHARDT ins Jahr 1680 verlegte Manuskript, welches die
sten Äufserungen zur Substanzialisierung des Kraftbegriffs enthält, Monats-
richte der k. pr. Akademie d. Wiss. zu Berlin 1880, S. 830.

war HUYGENS. HUYEGNS hatte gezeigt, dafs beim Stofse elastischer Körper die lebendige Kraft sich erhält; er hatte auch gezeigt, dafs die volle Wirkung des Falls eines Körpers, zur Arbeit des Emporhebens verwendet, ihn auf dieselbe Höhe hebt. Hier war das Mafs für die Kraft gegeben, unter dessen Voraussetzung sich die Ursache der Bewegung im Weltall ungeschwächt, weder vermehrt noch vermindert, als Wirkung erhalten konnte. Dies erkannte LEIBNIZ. Aber weil diese Erhaltung der Kraft empirisch nur für den Stofs elastischer Körper galt, so schlofs LEIBNIZ, dafs die letzten Teile der Körper sämtlich sich verhielten, als ob sie elastisch seien. Hier bot sich die Aussicht, die Realität der Bewegung mit den Gesetzen der Erfahrung und mit dem Begriffe der Kontinuität zu vereinigen. Denn je mehr der Kontinuitätsgedanke in LEIBNIZ sich klarer gestaltete, um so weniger vermochte er sich eine Stofswirkung vorzustellen, bei welcher nicht die Geschwindigkeit allmählich bis Null abnähme und dann wieder anwüchse. So gehen die Aufstellung des Kräftemafses und die Befestigung des Kontinuitätsgesetzes, nach welchem jetzt die Ruhe — was in der *Hypothesis physica* noch nicht der Fall war — als unendlichkleine Bewegung vorgestellt wird, als parallele Ergebnisse aus den HUYGENSschen Entdeckungen hervor, und beide erfordern die ursprüngliche Elasticität,[1] welche aber aus der Materie allein nicht mehr zu erklären ist, sondern auf ein neues Prinzip führt. Diese Gedanken klären sich bei LEIBNIZ in der Zeit bis etwa zum Jahre 1680. Er bemerkt am Rande des 1676 auf der Überfahrt von England nach Holland niedergeschriebenen Dialogs über die Bewegung, dafs er darin die Natur der Veränderung und des Kontinuums der Bewegung betrachtet habe; es bliebe noch zu untersuchen das Subjekt der Bewegung, um zu erkennen, welchem von zwei die Bewegung austauschenden Körpern sie zuzuschreiben sei, und dann die Bewegungsursache oder bewegende Kraft.[2] Sobald LEIBNIZ erkannt hatte, dafs diese bewegende Kraft so beschaffen sein müsse, wie bei den elastischen

[1] Beweisend für diese Grundanschauung LEIBNIZ' ist die Stelle im *Essai de Dynamique, M. Schr.* VI p. 228, 229.

[2] *Arch. f. Gesch. d. Phil.* I S. 215.

Körpern, war für ihn der Übergang zur metaphysischen Substanzialisierung der Kraft entschieden. Elasticität ist eine Aktion, welche aus dem Begriff der Materie allein nicht zu erklären ist. Man konnte bei den sinnlichen elastischen Körpern ihre Wirkung, wie es die *Hypothesis* gethan, noch auf den Äther zurückschieben; nachdem aber erkannt war, daſs auch für diesen eine bewegende Kraft nötig sei, konnte Leibniz sie nur in einer *actio* suchen, welche der Materie selbst nicht mehr zukam. Bei Huygens hatte die Materie ihre Substanzialität in den soliden Atomen und die Bewegung ihre Realität in den Prinzipien der Mechanik; bei Leibniz hatte die Materie keine Substanzialität, sondern die Bewegung muſste dieselbe erst gewährleisten. Das Prinzip der Dynamik wurde als Ursache der Bewegung, als bewegende Kraft substanzialisiert, um die Materie nicht zur Illusion zu machen. „Der Ausdehnung ist die Aktion hinzuzufügen. Der Körper ist also ein ausgedehntes Agens. Man könnte sagen, er ist ausgedehnte Substanz, wenn man nur festhält, daſs alle Substanz agiert und jedes Agens Substanz genannt wird. Es kann aber zur Genüge aus innern Prinzipien der Metaphysik gezeigt werden, daſs das, was nicht agiert, auch nicht existiert; denn es gibt keine Potentia des Agierens ohne den Beginn des Actus."[1] Hiermit ist nicht nur die Substanzialisierung der Kraft vollzogen, sondern zugleich auch durch die Einführung des zweideutigen Begriffs des Wirkens und Handelns dieselbe auf eine geistige Potenz reduciert, welche in die Dinge vom Schöpfer hineingelegt ist.

Damit die Wechselwirkung der Körper durch Prinzipien der Mechanik gewährleistet werde, ist zweierlei notwendig. Die sinnlichen Veränderungen in Raum und Zeit müssen Objektivität erhalten als raumerfüllende und als raumwechselnde Gröſsen. Um dies möglich zu machen, muſs es zwei Verfahrungsweisen des Bewuſstseins geben, zwei Arten, den Sinneninhalt zu Einheiten im Begriffe zu verbinden. Die erste beruht auf der Identität, die zweite auf der Kontinuität des Bewuſstseins; die erste heiſst Substanzialität, die zweite Realität (Variabilität). Die

[1] *Berl. Monatsber.* 1880. S. 830. Vgl. hierzu Leibniz, *De primae philosophiae emendatione, Acta Erud.* 1694 p. 111. *Ph. Schr.* IV p. 469.

erste schafft Einheiten im Raum, die zweite in der Zeit. Durch die erstere wird das Körperelement als mit sich selbst identisch gedacht, d. h. zur Substanz; durch die letztere wird es als Element der kontinuierlichen Veränderung, das Gesetz seines Werdens einschliefsend gedacht, d. h. es erhält Realität. Beide Denkmittel zusammen geben den Begriff der mit Energie begabten Atome.

Die dynamische Theorie dagegen konstituiert den Körperbegriff, indem sie nur das Gesetz der kontinuierlichen Veränderung, also die Realisierung des Raumteils anerkennt und mit der Realität auch zugleich die Identität des Raumteiles mit sich selbst für gegeben ansieht. Das Körperelement ist dann definiert allein durch die Wirkung, welche es im gegebenen Zeitmoment auszuüben vermag, und diese mufs zugleich seine Raumerfüllung bedingen. Die Substanzialität erscheint somit überflüssig. Sie ist aber einmal ein uns gegebenes, unvermeidliches Denkmittel, das sich unter allen Umständen geltend macht, indem sie ein Subjekt der Aussage schafft und dieses aus dem Kontinuum heraushebt. Wenn man diese Zusammenschliefsung zur identischen Einheit im Begriff des Körpers nicht auf das Raumelement bezieht, so bleibt nichts übrig, als dafs sie sich auf das Zeitelement wendet und hier das, was als Bewegung realisiert ist, zu einer sich selbst gleichbleibenden Wirkungsweise macht, d. h. zur Kraft. Damit aber wird gerade das aufgehoben, was die Realität leisten sollte, nämlich das Gesetz der Veränderung im unendlichkleinen Zeitteil zu fixieren, so dafs es von Zeitelement zu Zeitelement die Möglichkeit gesetzmäfsiger Veränderung garantiert. Durch die Anwendung des Substanzbegriffs auf diese Veränderung in der Zeit wird daraus wieder ein mit sich selbst Identisches, im Laufe der Zeit Dauerndes, nämlich die konstante Kraft. Von dem Werte dieses Begriffs in der analytischen Mechanik ist hier nicht die Rede, sondern von der Notwendigkeit desselben in der erkenntniskritischen Begründung der Theorie der Materie. Und hier ist derselbe offenbar überflüssig, weil er keine neue Realisirung leistet, die nicht durch die Realisierung im Zeitmoment selbst schon geleistet wäre, wohl aber eine schädliche Substanzialisierung, indem er eine Bedingung der Veränderung der Be-

egung zur Substanz macht. Dagegen fehlt dann der
griff der Substanz dort, wo er hingehört, nämlich in der
entifizierung des einheitlich bewegten Raumteils. Diesen un-
erwindlichen Defekt der Fluiditätstheorien haben wir an andrer
elle klargelegt (s. II S. 381). Wollte man jedoch den Substanz-
griff doppelt anwenden, so entstände das substanzielle Atom
t konstanten Kräften, wie wir es bei und nach Newton in
r Physik finden. Zur praktischen Anwendung mag dies in
nzelnen Teilen der Physik von Vorteil sein, für die erkennt-
kritische Grundlegung ist die Wiederholung in der Sub-
nzialisierung zu verwerfen.

Wir haben demnach gesehen, wie sich der Übergang zur
namischen Theorie bei Leibniz derart gestaltet, daſs sich
r Ort des Substanzbegriffes verschiebt, indem statt der
rperlichen Ausdehnung die Tendenz zur Bewegung zur Sub-
nz gemacht wird. Weil nun eine solche Substanz in der
sdehnung nicht anzutreffen ist, so wird sie hinter die Aus-
hnung verlegt. Und darum sehen wir Leibniz wie Newton
zu übergehen, die Ursache der Bewegung, nachdem sie ein-
l substanzialisiert ist, nicht in der Körperwelt, sondern in einer
seitigen metaphysischen Macht zu suchen, die sich immer
r im anthropomorphistischen Bilde der Vorstellung oder des
illens verdeutlichen läſst.

Nachdem Leibniz seinen Substanzbegriff zu dem der Kraft
irium seu virtutis, quam Germani vocant Krafft, Galli *la force*)
weitert und diese als *vis activa*, als Entelechie bestimmt hatte,
elche „zwischen *facultas agendi* und *actio* in der Mitte liegt
d den *conatus* einschlieſst,“[1] fand er eine weitere Schwierig-
it darin, daſs er diese thätigen Substanzen als wahre oder
elle Einheiten auffassen zu müssen glaubte. „Um jene wahren
inheiten aufzufinden, war ich genötigt, meine Zuflucht zu
nem formalen Atome zu nehmen, da ein stoffliches Wesen
cht gleichzeitig stofflich und doch vollkommen unteilbar
ler mit wahren Einheiten begabt sein kann.“[2] Diese formalen
tome sind die Monaden, eine Ersetzung der substanziellen

[1] *De primae phil. emendatione. Acta erud.* 1694 p. 111. *Phil. Schr.* IV p. 469.
[2] *Système nouveau de la nature,* 1695. Deutsch von R. Habs. Leipzig.
43. Vgl. d. Abänderung *Ph. Schr.* IV p. 478.

Formen durch einen dynamischen Begriff, dem jedoch zugleich etwas „dem Gefühlsvermögen und dem Begehren Ähnliches" anhaftet. „Aristoteles nannte sie „erste Entelechien," ich nenne sie, vielleicht verständlicher, ursprüngliche Kräfte", nämlich Kräfte, welche eine ursprüngliche Thätigkeit in sich schliefsen. Sie sind nicht stoffliche, sondern substanzielle Atome, d. h. metaphysische Punkte, welche etwas Lebendiges besitzen; erst ihre Vereinigung gibt die physischen Punkte. Da aber zwischen wahren Substanzen keine Wechselwirkung bestehen kann, und da es nur ein beständiges Wunder und Gottes nicht würdig erscheint, die Wechselwirkung in jedem einzelnen Falle, wie der Occasionalismus lehrt, zu bewirken, so stellt Leibniz sein berühmtes System der prästabilitierten Harmonie auf, nach welchem jede Monade das Gesetz ihrer eigenen Entwickelung so in sich trägt, dafs die Zusammenstimmung aller dieser einzelnen Entwickelungen garantiert ist.

Wenn die Substanzialisierung der Kraft auf Leibniz' dynamischen Entdeckungen beruht, so darf man in dem System der prästabilitierten Harmonie der Einzelsubstanzen unter andren auch den Einflufs des Spinozismus sehen, welchem Leibniz nachgewiesenermafsen[1] in der Zeit des Überganges zur dynamischen Auffassung sehr nahe gestanden hat. Wie bei Spinoza die Einzeldinge in absoluter Gesetzmäfsigkeit in der unendlichen Substanz Gottes verknüpft sind, so sind bei Leibniz die Einzelsubstanzen durch Gott mit Gesetzlichkeit ihrer Entwickelung versehen.

Die Monade ist die Verbindung des metaphysischen Substanzbegriffs Spinozas mit dem Gesetze der Kontinuität und dem dynamischen Atom. Dafs Leibniz die Substanz als wirkend und einfach auffafst und die unendliche Vielheit der Substanzen voraussetzt, hat seinen Grund in seinem Ausgangspunkte von der Dynamik und der Atomistik. Punktuelle Atome, welche erst durch ihre Vereinigung die physische Ausdehnung erzeugen, sind keine Leibnizsche Erfindung. Nicht nur der Einflufs Brunos auf Leibniz ist bekannt, wir haben — abge-

[1] Vgl. Ludw. Stein, *Leibniz in seinem Verhältnis zu Spinoza. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. z. Berlin* 1888. S. 615 ff. u. *Arch. f. G. d. Ph.* 1889. III S. 72 ff. — Vgl. Caspari, *Leibniz* etc. S. 96 ff.

sehen von den Mutakallimun — die punktuellen Atome auch bei LUBIN kennen gelernt, und gerade in jener Zeit, als LEIBNIZ den Übergang zur Monadologie vollzog, traten die konziliatorischen Versuche zwischen Peripatetismus und Atomistik von MAIGNAN, CASIMIR und DUHAMEL auf (s. folg. Abschn.). Diese haben LEIBNIZ bei seiner Neigung zum Ausgleich mit ARISTOTELES sicherlich ebenso beeinflufst, wie andrerseits die in jene Zeit fallenden Entdeckungen von LEEUWENHOEK, MALPIGHI u. a. über die Mikroorganismen sein naturwissenschaftliches Interesse auf die organisierende Thätigkeit der Natur im Kleinsten hinwiesen.[1] LEIBNIZ sucht nun den Gedanken des gesetzlichen Werdens begrifflich zu fixieren und verlegt das Gesetz direkt in das Atom hinein. Dies unterscheidet ihn absolut von jeder mechanischen Theorie. Das Denkmittel der Variabilität wird nicht auf die Wechselwirkung der Atome, sondern auf jedes einzelne Atom angewendet, weil LEIBNIZ die Substanzialität nur in der Wirkungsfähigkeit begründet sehen will. Die Monade ist alsdann — bei dieser Verschiebung seines Angriffspunkts — die notwendige Folge des Denkmittels der Variabilität, welches ja darin besteht, das Kontinuum begrifflich fafsbar zu machen, indem jeder Zustand als Tendenz zum Übergange begriffen wird. So trägt jede Monade das Gesetz ihrer Veränderung in sich. Während SPINOZA alle Einzeldinge in der unendlichen Substanz gegeben sieht nach Analogie der geometrischen Figuren, die aus den Eigenschaften des Raumes fliefsen, so fafst LEIBNIZ die Substanz nach Analogie der veränderlichen Zahl. Es ist die Methode der euklidischen Geometrie, welche SPINOZA, und die Methode der Infinitesimalrechnung, welche LEIBNIZ in seinem Denken beherrscht, wenn er die funktionale Abhängigkeit des Weltlaufs von der ursprünglichen Einheit begreifen will. Die Geometrie aber schliefst die Zeit aus, die Arithmetik schliefst sie ein, und dadurch erhält die Monade dynamischen Charakter, es wird möglich, sie mit einer andren, aus dem Gebiete des Empfindungslebens gezogenen Vorstellungsweise zu verknüpfen.

Die Beurteilung und die nähere Erforschung der Genesis der Monadenlehre ist hier nicht unsere Aufgabe. Wir hatten sie nur

[1] Vgl. II S. 457 u. 512. — S. auch CASPARI, *Leibniz* etc. S. 109 u. Beilage p. VII.

als den Grenzstein zu markieren, an welchem LEIBNIZ mit
metaphysischen Begründung der Physik das Gebiet üb
schreitet, welches die mechanische Korpuskulartheorie
herrscht. Sie soll aber auch bei LEIBNIZ nicht mehr leis
als diese metaphysische Fundierung. Die Monade kann ni
dazu dienen und soll nicht dazu dienen, das physische
schehen zu erklären, sie soll ihm nur Realität verleih
Innerhalb der sinnlichen Welt aber haben wir, wie LEIBNIZ im
hervorhebt, uns lediglich an mechanische Gesetze zu halten
diese zu erforschen. In dieser Hinsicht ist LEIBNIZ stets
Gegensatz zu NEWTON Kinetiker geblieben.[1] Weil er a
die Realität hinter die Materie verlegt hatte, kam er zu kein
von seinen metaphysischen Voraussetzungen unabhängigen
griff der Materie, der die Wechselwirkung der mathematisc
Formulierung zugänglich gemacht hätte, trotz seines Geset
der Kontinuität und trotz seines Gesetzes der Erhaltung
Kraft. Die ursprünglichen Teile der Materie können nach i
sowohl hart und weich, ja sogar in verschiedener Hinsicht
gleich hart und weich sein. Die Mitteilung der Beweg
wird daher nur als Stofs elastischer Körper, nicht der letzt
als eine Folge der Prinzipien der Mechanik aufgefafst. „
Materie ist heterogen, vielmehr in perpetueller Varietät,
dafs man nicht die kleinste Partikel in ihren Teilen glei
förmig findet," und sie ist ins Unendliche teilbar.[2] Durch di
Unbestimmtheiten bleibt LEIBNIZ auf jenem Standpunkte
Korpuskulartheorie haften, wo dieselbe nur zu einer Ve
schaulichung, aber zu keiner Ableitung von Naturgeset
führen kann. Er erleichtert der Hypothesenbildung i
Thätigkeit und wirkt in dieser Richtung am Verfall der K
puskulartheorie mit. Und trotz seines Gegensatzes zu NEW
fördert er doch selbst den Übergang zur Annahme fern
kender Kräfte. Denn wenn das wirkende Prinzip der Mat
im letzten Grunde ein inneres ist, so liegt der Gedanke
nahe, die Korpuskeln, von denen NEWTON nachgewiesen ha
dafs sie sich so bewegen, als ob sie sich gegenseitig anzie
und abstofsen, wirklich dahin aufzufassen, dafs sie du
Kräfte aufeinander einwirken. LEIBNIZ selbst hatte die dy

[1] S. *Ph. Schr.* II p. 58. — [2] *M. Schr.* II p. 155. Vgl. den Briefwe
mit HARTSOEKER.

ische Auffassung nur *metaphysisch* verwertet; sie auf
as *physische* Geschehen zu übertragen, war ein natürlicher
chritt, sobald die Korpuskulartheorie zur kinetischen Erklärung
ich ohnmächtig erwiesen hatte. Die *formalen* Atome schlagen
nter dem Einflusse der sich ausbreitenden NEWTONschen Physik
n *physische* um; und da die Monaden belebt sind, so werden
s auch die physischen Atome; die Mechanik verliert sich auf
ler einen Seite in Dynamik, auf der andren in Hylozoismus.

Unter dem Einflusse von LEIBNIZ neigen sich in Frank-
eich BOSSUET und PELLISSON der Ansicht zu, daſs in der Materie
uſser der Ausdehnung noch etwas Innerliches, eine Kraft
ur Ausdehnung stecke.[1] In Italien, wo TOMMASO CORNELIO
1614—1684) den Cartesianismus eingeführt hatte, näherte
PAOLO MATTIA DORIA denselben dem Platonismus,[2] und FAR-
ELLA (1650—1718) gibt zu, daſs in der Materie noch auſser
ler Ausdehnung ein inneres Prinzip, eine Art einfache und
nteilbare Kraft enthalten sei.[3] GIOVANNI BATTISTA VICO
1668—1744) endlich nimmt geradezu metaphysische Punkte
n, die selbst unausgedehnt und unteilbar das Prinzip der
usdehnung und Bewegung sind und die Fähigkeit dazu
esitzen;[4] sie haben das Bestreben (conatus) aus dem Zustand
er Ruhe in den der Bewegung überzugehen und wahrnehm-
are Materie zu erzeugen.[5] Unter dem gleichzeitigen Ein-
usse von NEWTONS Centralkräften finden wir bei HERMANN
OERHAVE (1668—1738) die chemische Affinität auf eine
Freundschaft" der Korpuskeln zurückgeführt[6] und bei JOH.
DAM MORASCH[7] eine ausgebildete hylozoistische Atomistik,
hysische Punkte, welche zum Teil Empfindung und den
rsten Aktus" des Lebens besitzen. Doch diese Systeme, wie
e belebten Korpuskeln MAUPERTUIS' und DIDEROTS gehören in
e Geschichte der dynamischen und hylozoistischen Atomistik
s 18. Jahrhunderts.

[1] BOUILLIER II p. 234, 235. — [2] A. a. O. p. 522, 523. — [3] A. a. O. p. 532.
[4] A. a. O. p. 543, 544. — [5] TAIT, *Materie*. Anhang I von FLINT. S. 291.
[6] *Elementa chemiae*, Lugd. Bat. 1732.
[7] *Philosophia atomistica* In Alma Elect. Univers. Ingolstadiensi Disputationi
bjecta a JOH. AD. MORASCH. Ps. I seu *Metaphysica*, Ingolstadii 1727. Ps. II
Physica universalis, 1731.

Vierter Abschnitt.

Der Verfall der Korpuskulartheorie.

1. Vermittelungen zwischen Scholastik und Atomistik.

Von der Mitte des 17. Jahrhunderts an finden wir die gesamte Physik korpuskulartheoretisch, nicht blofs bei denjenigen Gelehrten, welche als Anhänger von Descartes oder Gassendi bezeichnet werden können. Auch die auf scholastischem Boden stehenden, vielfach aus dem Klerus hervorgegangenen Physiker haben sich den korpuskularen Vorstellungen vollständig anbequemt, nur suchen sie nach Möglichkeit die scholastischen Formen aufrecht zu erhalten.

In dieser Hinsicht bot sich als bequemster Ausweg, den Namen der Materie zu übertragen auf den allgemeinen ausgedehnten Stoff, und als Formen die besondere Art der Verknüpfung zu bezeichnen, durch welche die Teilchen der Materie sich zu den Einzelkörpern zusammenschliefsen. Eines ziemlichen Ansehens unter diesen modernisierenden Versuchen erfreute sich die Physik des Jesuiten Honoré Fabri (Onorato Fabbri) (1606 bis 1688), welcher Aristoteles gegen Demokrit und die Araber in Schutz nehmen wollte, schon weil es „*Sanctus patriarcha noster Ignatius*“ so empfohlen hat.[1] Seine Erklärung der Kohäsion beruht indessen durchaus auf der gegenseitigen Verflechtung der mit Erhöhungen und Vertiefungen versehenen Teilchen, welche als heterogen und homogen unterschieden werden, ist also ganz korpuskular. Er sucht übrigens Aristoteles dadurch zu modernisieren, dafs er ihm aufser Materie, Form und ihrer Vereinigung noch eine gewisse vierte Substanz zuschreibt, ein erstes und allgemeines Subjekt, eine absolute und unveränderliche Entität, eigentliche Minima der Elemente, die jedoch, als jenseits aller Sinnlichkeit, nicht der physikalischen Betrachtung

[1] *Physica, i. e. scientia rerum corporearum, in X tractatus distributa.* Lugd. 1669. T. I. Auctor lectori p. IX.

terliegen.[1] Infolgedessen sah er sich sogar genötigt, sich in nem Brief an den durch seinen Streit mit Newton bekannten suiten Ignace Pardies (1636—1673) gegen den Vorwurf der tomistik zu verteidigen.[2] — Erwähnt sei bei dieser Gelegen- it auch der Jesuit Franciscus Linus (1595—1675), welcher die hebung des Quecksilbers im Barometer durch unsichtbare *niculi* erklären wollte (s. II S. 289).

Ein andrer als Mathematiker und Physiker bekannter Je- it, Claude François Milliet Deschales (1621—1678)[3] nimmt ine Erklärungen, woher es ihm gerade zusagt, aus aristote- chen Definitionen, aus inneren Prinzipien, mechanischen Ur- chen und korpuskularen Hypothesen; er gibt gern jedem et- as zu und ist im ganzen sehr unklar. Er erkennt an, dafs ch die Luft schwer ist und die Elemente *in proprio loco* gra- tieren; die dem *horror vacui* zugeschriebenen Erscheinungen nd nur aus der Schwere zu begründen.[4] Auch das Aufsteigen den Kapillarröhren glaubt er nicht ohne die Gravitation der uft erklären zu können. Die Luft, die wir atmen (die obere ag reiner sein), enthält allerlei fremde Körper (vapida et saepe llosa), daher sind ihre Teile nicht so flüssig, dafs sie nicht an örpern adhärieren könnten. Infolgedessen wird ein Teil der uft in der Kapillarröhre durch Adhäsion getragen und somit r Luftdruck vermindert, weshalb die Flüssigkeit aufsteigt. eschales glaubt daher, dafs das Aufsteigen in einer längeren öhre ein höheres sei.[5]

Ob alle Körper aus jeder beliebigen Entfernung gegen die rde gravitieren, ist ungewifs. Ein physikalischer Grund läfst ch nicht ausmachen, weshalb die schweren Körper sich nach m Zentrum der Erde bewegen; nach Gründen der Schrift llt Erd- und Weltmittelpunkt zusammen. Auch ob die Gra-

[1] S. Sturm, *Phys. elect.* p. 39.

[2] S. Leibniz, *M. Schr.* VI p. 81, 83. Auch mufste er wegen eines konzi torischen Versuchs in Bezug auf Copernicus eine Kirchenstrafe erdulden.

[3] R. P. Claudii Francisci Milliet Dechales Camberiensis e soc. Jesu *rsus seu mundus mathematicus.* 3 Tomi. (1. Ed. Lugduni 1674. Die Citate ziehen sich auf die 1. Ausgabe, für die *Hypothesis Cart. refutatio* jedoch auf e 2. Ausgabe (1690). Auf dem Titel beider Ausgaben sowie im Texte steht echales, die richtige Schreibweise dürfte aber Deschales (des Chales) sein.

[4] A. a. O. p. 437—439; p. 212.

[5] A. a. O. p. 184 f.

vitation von einer anziehenden Kraft wie beim Magnet herrührt, läſst sich nicht entscheiden;[1] doch ist DESCHALES geneigt, die Schwere für einen inneren, sich selbst erzeugenden und vermehrenden Impetus zu halten.[2]

Mit der Korpuskulartheorie allein will DESCHALES nicht auskommen, aber sie auch nicht entbehren. „Diejenigen, welche die Qualitäten verwerfen und ihre Korpuskeln und feinen Spiritus überall einführen, glauben, sie hätten alle Schwierigkeiten gelöst, wenn sie einen oder den andern Vergleich oder eine Ähnlichkeit beibringen, wodurch sie ihre Meinung erläutern. Aber auch diejenigen, welche vor den Korpuskeln erschrecken, scheinen in ihren Ansichten ungerecht.“ DESCHALES nimmt daher mit den „Neueren“ substanzielle Ausflüsse an. Die cartesische Hypothese vom Magneten findet er geistreich, lehnt sie aber ab, weil sie zuviel annimmt und keine Analogie in andern Wirkungen besitzt.[3] Der Magnet wirkt durch substanziale Fortpflanzung der Kräfte im Eisen oder in irgend einem Mittel.

Der cartesischen Hypothese über die Konstitution der Flüs-

---

[1] A. a. O. p. 434. „Ich gestehe frei, daſs mir alle attraktive Kraft schwieriger erscheint, wie jede andre; denn ich sehe nicht, durch welche unsichtbaren und unter keine Sinneswahrnehmung fallenden Fesseln so harte Körper verbunden sein sollten. Auch würde alsdann jeder schwere Körper im ausgedehnten Zustande schwerer angezogen werden müssen, weil die Zahl der Bänder gröſser wäre, welche seine Teile mit dem anziehenden Körper verbinden. Ich füge hinzu, die Beschleunigung ist leicht aus innern, schwer aus äuſsern Prinzipien zu erklären.“ „Was eigentlich Gravitation ist, wage ich nicht zu definieren, aber sie ist etwas andres auſser der Bewegung; denn man fühlt ein schweres, ruhendes Gewicht auf der Hand; worin sich dies aber gründe, ist schwer zu sagen.“

[2] A. a. O. p. 458. „Ich habe immer geglaubt, die Schwere sei ein Impetus. Ich glaube daher, daſs alle *Gravia*, auch wenn sie wegen eines widerstehenden Körpers nicht bewegt werden, nicht nur einen Impetus auf sich selbst, sondern auch auf den resistierenden Körper producieren. Und von diesem Impetus glaube ich, daſs er die aktuelle Schwere sei, kraft deren die schweren Körper den widerstehenden aus seinem Orte, um diesen einzunehmen, zu verdrängen streben. Findet jener Impetus Widerstand, so daſs er den Körper nicht bewegt, so wird er zerstört und ein neuer erzeugt; bewegt er dagegen den Körper und findet er keinen Widerstand, so wird er nicht zerstört, sondern vermehrt sich durch den neu erzeugten.“

[3] A. a. O. p. 661.

sigkeit hat er eine besondere Widerlegung gewidmet,[1] um zu beweisen, daſs Flüssigkeit nicht in der Bewegung der Teile bestehe. Im Gegenteil müſsten Körper, deren Teile bewegt sind, nach allen möglichen Richtungen gröſseren Widerstand als ruhende leisten; auch kann eine solche Bewegung dem flüssigen Körper gar nicht erteilt werden, weil der sie ihm mitteilende Körper so verschiedenartige Bewegungen nur übertragen könnte, wenn er selbst in die kleinsten Teile zerteilt wäre. Ebensowenig könne er die Bewegung beibehalten, da seine Teilchen weich sind, und nur harte Körper beim Stoſse nichts an Bewegung einbüſsen. Feste Körper berühren sich auch in der Ruhe und sind doch nicht vereinigt, also ist zur Verbindung der Körper noch etwas andres als die Ruhe nötig.[2] Hier kommt auch der bei Gelegenheit von Regius' Auffassung der Ruhe erwähnte Einwand vor, daſs die Ruhe sämtlicher Teile eines schweren Körpers oft leichter aufzuheben sei, als die eines einzelnen Teiles.[3] Deschales glaubt demnach feststellen zu müssen, daſs die Flüssigkeit einiger Körper in ihrer Teilung in die kleinsten Teile besteht, oder, da die Körper nicht aktuell ins Unendliche geteilt sein können, daſs sie wenigstens sehr leicht teilbar sind.[4] Auch die Lösung entsteht nicht durch Bewegung. Warum löst sonst Luft nicht Zucker auf? Sie entsteht vielmehr durch das Eindringen der Teilchen in die Poren wie in Kapillarröhren (in capillaribus tubis). Die Teilchen der festen Körper können gar nicht von den flüssigen bewegt werden, weil diese kleiner sind als jene. „Ich gestehe allerdings, daſs einige flüssige Körper eine gewisse Bewegung in sich haben, jedoch nicht eine solche, in welcher ihre Flüssigkeit *formaliter* besteht, die ja zur Teilung der Körper nicht geeignet wäre, sondern eine andre, nicht von auſsen mitgeteilte, vielmehr aus innern Prinzipien jener Körper entstandene und erhaltene. Daher wird, sobald die Körper sich gegenseitig treffen und diese Bewegung nach auſsen gestoſsen wird, sie kontinuierlich von innen ersetzt werden können. Die Bewegung entsteht gewöhnlich von den beigefügten Salzen, die,

---

[1] *Hypothesis Cartesianae Refutatio.* Dieselbe findet sich nur in der zweiten Auflage des *Cursus*, Lugd. 1690 (edit. II p. R. P. Amati Varcin). Rosenberger hat dies übersehen, da er nach Fischer über Deschales berichtet, aber nur die erste Aufl. citiert.

[2] 2. Ed. p. 688. — [3] 2. Ed. p. 681. — [4] A. a. O. p. 681.

von der Flüssigkeit geteilt, die Kraft sich zu bewegen empfangen. Zum Beginn der Bewegung genügt die Wegräumung der Hindernisse." Diese Hypothese erkläre besser alle Phänomene der Lösung als die Annahme, daſs die Fluidität in der Bewegung bestehe. Es erhelle daraus, warum manche Flüssigkeiten auf bestimmte Körper wirken, andre nicht. Die Sättigung und die Auflösung verschiedener Salze begründet DESCHALES wie GASSENDI. Bei der Kristallisation fügen sich die Teile dicht aneinander und bilden wieder die ihrer Natur eigentümlichen Figuren.

Ähnliche eklektische Zwecke wie FABRI verfolgt der Jesuit FRANCESCO TERZI DE LANA (1631—1687), bekannt durch seine Vorschläge zur Luftschiffahrt mittels evacuierter Kupferkugeln. Er will aus allen Systemen das Beste auswählen, meist aber dem ARISTOTELES folgen. Auch weiſs er ein *Perpetuum mobile* anzugeben.[1]

Im Einzelnen ebenfalls durchaus korpuskular sind die physikalischen Erklärungen des Jesuiten PAOLO CASATI (1617—1707), welcher den Übertritt der Königin CHRISTINE von Schweden zum Katholizismus bewirkte. Aber seine allgemeine Auffassung der Natur ist dabei vollständig scholastisch, so daſs er sogar die Schwere der Luft leugnet. Über das Feuer stellt er die seltsame Ansicht auf, daſs es das schwerste und unterste Element sei.[2]

Durch seine korpuskulare Auffassung des Lichtes vermag der um die Optik verdiente Minoritenpater EMANUEL MAIGNAN (1601—1676) bereits 1648 in seinem weitläufigen optischen Werke[3] eine sehr befriedigende Erklärung der Lichtbrechung zu geben. Das Licht beruht nach ihm auf einem sehr feinen, körperlichen Effluvium des leuchtenden Körpers, welches sich mit sehr groſser, aber endlicher Geschwindigkeit durch die

[1] P. FRANCISCI TERTII DE LANIS, S. J. *Magisterium naturae et artis, opus Physico-Mathematicum*, Bresciae 1684. Vgl. *Acta erud.*, 1685 p. 31. u. 1695, p. 145 ff.

[2] *De igne dissertationes physicae*, Venetiis 1686. S. *Acta erud.*, 1686 p. 413.

[3] *Perspectiva horaria sive de horographia gnomonica tum theoretica, tum practica libri quatuor*. Romae 1648. Das Werk trägt auf dem Titel auſser einer Reihe anderer Zusätze auch den folgenden: Lux quoque secundum propriam naturam sumpta suas ibi habet partes, ubi e principiis ejus physicis ratio redditur reflexionum, ac refractionum ejusdem.

durchsichtigen Körper fortbewegt, indem es sich seinen Weg durch die Poren derselben bricht, welche es dazu geeignet findet.[1] Es besteht aus Teilchen, welche sich unter gleichen Umständen mit gleicher Geschwindigkeit neben- und hintereinander fortbewegen, so daſs die Teilchen an der Front des Strahles und auf jedem dazu parallelen Querschnitt sich gleichsam wie unter einem gemeinsamen Joche befinden, und zwar so, daſs ihre Verbindungslinie immer senkrecht steht auf der Fortpflanzungsrichtung des Strahles. Kommt nun diese Querlinie schief an die Grenze zweier Mittel, so muſs eine Drehung derselben stattfinden, weil die Teilchen an dem einen Ende noch mit der gleichen Geschwindigkeit sich bewegen, am andren Ende aber in dem neuen Mittel mit geringerer Geschwindigkeit. Es tritt daher dasselbe ein, was man an einer Axe beobachtet, die sich auf zwei gleichen Rädern fortbewegt; sobald beide Räder sich gleich schnell drehen, schreitet sie geradlinig und senkrecht zu ihrer Lage fort; wird aber die Drehung des einen Rades durch ein Hindernis verzögert, so kommt das schnellere Rad voran und die Richtung ändert sich.[2] Während des Überganges beschreibt der Strahl eine Krümmung, indem sich die äuſsere, im dünneren Mittel befindliche Seite stärker verschiebt als die innere. — Wie man sieht, unterscheidet sich diese sinnreiche Erklärung von derjenigen der Brechung einer ebenen Welle in der Undulationstheorie natürlich dadurch, daſs die Grenze des Mittels nicht als Ausgangspunkt neuer Wellen angesehen werden kann, aber sie enthält ganz den noch heute zur populären Veranschaulichung der Brechung benützten Gedanken. Das wesentliche Verdienst dieser Erklärung liegt darin, daſs die Brechung auf die Verschiedenheit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit zurückgeführt wird.

In seinem philosophischen Hauptwerke[3] vertritt MAIGNAN eine qualitative Atomistik. Er nimmt an, daſs es ausgedehnte, physische Unteilbare oder physische Minima als Grenzen der

[1] A. a. O. p. 619, 620, 626. — [2] A. a. O. p. 628, 632.

[3] R. P. EMANUELIS MAIGNAN Tolosatis Ord. Minimorum Philos. ac sacrae Theologiae professoris. *Cursus Philosophicus* Recognitus et auctior. Concinnatus ex notissimis cuique principiis ac praesertim quoad res physicas instauratas ex lege naturae sensatis experimentis passim comprobata. Lugduni 1673. Fol. Die Vorrede ist vom 20. Juni 1672.

Kleinheit gibt, verwirft dagegen die mathematischen, nicht ausgedehnten Unteilbaren (indivisibilia). Diese Atome bilden das Kontinuum durch bloſse Aneinanderlagerung als physische Punkte. Das Kontinuum hat also auch schon vor der Teilung *actu* voneinander unterschiedene Teile, welche zwar kontinuiert, aber doch distinkt sind; nichtsdestoweniger ist das Kontinuum Eins. Die Teile sind nicht nur mathematische, sondern physische, unteilbare Punkte von bestimmter Ausdehnung. Der Punkt entspricht der Einheit, aber Zahl und Linie wachsen durch Zufügung des Punktes nur im Geiste des Zählenden, nicht physisch. Um von den ausdehnungslosen mathematischen die physischen Indivisibeln zu unterscheiden, nennt er sie physische Punkte, andre nennen sie Atome oder physische Minima. Sie sind von Gott geschaffen. Obwohl materiell, besitzen sie keine Teile, sondern sind einfach, *primordia seu radices*. Sie erfüllen ihren Raum ganz und behalten immer dasselbe Volumen, obwohl sie ihre Gestalt ändern können (§ 7). Die mathematische unendliche Teilbarkeit des Kontinuums wird zugegeben; physisch sind jedoch Minima anzunehmen, um den unendlichen Prozeſs zu vermeiden.

Die Verbindung der Indivisibeln in der aktuellen Zusammensetzung des Kontinuums findet nicht durch das Band einer gewissen modalen Vereinigung (unio modalis) statt, sondern durch ihre eigene Verknüpfung. Eine *unio modalis*, d. h. eine *forma diminutae entitatis*, wodurch zwei Dinge zu einem verbunden werden, gibt es nicht; sie wäre gleichbedeutend mit Durchdringung. Die Minima haben vielmehr solche Gestalt, daſs sie leicht aneinander hängen können, etwa durch Häkchen. Er hat seine Gänsefeder unter dem Mikroskop betrachtet und gefunden, daſs die Natur zum Aneinanderfügen sich nicht der *unio modalis*, sondern der Häkchen bedient hat. Je nachdem die Minima mehr oder weniger fest aneinanderhängen, ist der Körper hart oder weich. Voneinandergerissen können sie sich wegen ihrer zu groſsen Starrheit oft nicht selbst wieder aneinander fügen; bei den Metallen ist dies z. B. erst mit Hilfe des Feuers wieder möglich. In allen Körpern gibt es Poren.[1]

[1] A. a. O. p. 211—226.

In dem Anhange über die physischen Minima will MAIGNAN dem Verdachte vorbeugen, dafs er in die Fehler EPIKURS und die Zufälligkeit seiner Welt verfallen sei. Die Einwürfe, welche FRANC. MARIA GRIMALDI gegen die Atomisten erhoben hat, weil es auch Eigenschaften gäbe, die nicht in Figur und Anordnung der Atome beständen, könnten ihn nicht treffen, da er in den Atomen eine Natur, d. h. ein Prinzip der Bewegung und Ruhe annehme, das in ihnen selbst liegt. Seine Atome seien Korpuskeln, sie haben dieselben Eigenschaften wie die Körper und sind von derselben Natur, sie sind das Prinzip sich selbst zu bewegen, ohne das sie ja nicht das Kompositum bewegen könnten. Ihre Verschiedenheit bestimmt die Verschiedenheit der Körper.[1]

Grofse Skrupel macht ihm der Einwand von THEOPHILUS RAYNAUDUS (1583—1663),[2] dafs die Materialität und Körperlichkeit der unteilbaren Engel mit ausgedehnten Punkten nicht vereinbar sei, und er widmet demselben unter Berufung auf THOMAS und CAJETAN eine längere Rechtfertigung.[3]

Der physische Körper ist nach MAIGNAN Substanz, welche zugleich Ausdehnung und ein inneres Prinzip der ihr eigentümlichen Bewegung oder Ruhe besitzt.[4] Die cartesische Philosophie erklärt er für sehr berühmt und fein ausgedacht, sie sei aber nicht wahr, namentlich bekämpft er die Wirbeltheorie.[5]

Die Elemente bestehen aus homogenen Teilen und sind physisch ingenerabel und inkorruptibel.[6] In den Mischungen sind sie *formaliter* als Bestandteile.[7]

Auf eine qualitative Korpuskulartheorie kommt auch die vollständig synkretistische Physik JEAN BAPTISTE DU HAMELS (1624—1706) zurück, der im Gegensatz zu DESCARTES und GASSENDI zum Teil mit Benutzung platonischer Elemente aus den verschiedensten Hypothesen seine Auswahl trifft.[8] Er gibt zwar zu, dafs die Hypothesen der mechanischen Naturphilo-

---

[1] A. a. O. p. 590, 591. — [2] *Theologia naturalis*. Lugduni 1622.
[3] *Cursus philos.* p. 591 f. — [4] A. a. O. p. 595. — [5] A. a. O. p. 634—718.
[6] A. a. O. p. 328. — [7] A. a. O. p. 334.
[8] Von seinen Schriften erwähnen wir: *De consensu veteris et novae philosophiae* 1663. *De corporum affectionibus* 1670. *Philosophia vetus et nova ad usum scholae accommodata* 1678. *Opera* Norimb. 1681. Wir berichten nach BRUCKER IV, 761 f. und J. Chr. STURM, *Phys. elect.* p. 40 u. a.

sophen von der ausgedehnten und undurchdringlichen Substanz vieles enthalten, was kaum widerlegbar sei, meint jedoch, daſs man die Gleichartigkeit der allgemeinen Materie nicht zugeben dürfe, sondern daſs die elementaren Korpuskeln auch nach Art und Natur, nicht bloſs nach Gestalt und Bewegung, also qualitativ verschieden sein müſsten, weil sich sonst die unglaubliche Mannigfaltigkeit der Dinge daraus nicht ergäbe. Er will zwischen der unendlichen Verschiedenartigkeit der anaxagorischen Elemente und den homogenen Partikeln des Descartes und Gassendi einen Mittelweg einschlagen und eine Vielfältigkeit der Elementarkorpuskeln annehmen. Namentlich sei es nicht denkbar, daſs die Komplikation der organischen Körper allein aus Bewegungsgesetzen sich erklären lieſse. Ein derartiger Synkretismus fand vielfach groſsen Beifall und kam namentlich den theologischen Kreisen sehr genehm.

Den Namen „peripatetische Atome“ legt der Kapuzinerprediger Casimir von Toulouse geradezu den von ihm angenommenen Grundbestandteilen der Materie bei. Er wendet sich entschieden gegen die scholastischen Begriffsspaltereien und die substanziellen Formen, rühmt sich aber, seine Philosophie der peripatetischen angepaſst zu haben, indem er alle seine Gründe und Gegengründe unter den üblichen Formen der Schule vorbringt. Von den Atomen und dem Raume lehrt er, daſs sie nur mathematische Ausdehnung besitzen, während die physische Ausdehnung erst der Verflechtung der Atome zukommt. Bei ihm wie bei fast allen seinen theologischen Zeitgenossen spielt die Frage nach der Lokalisation der Engel eine Rolle; Casimir beruft sich zum Vergleich für die Möglichkeit der Atome darauf, daſs die Engel ausgedehnt und doch physisch unteilbar sind.[1]

Wenn man auſser den leitenden Grundgedanken, welche Leibniz[2] zur Monadologie führten, nach äuſseren Einflüssen auf seine Entwickelung sucht, wird man sicher jene Umgestaltungen

---

[1] *Atomi Peripateticae, sive tum veterum tum recentiorum Atomistarum placita ad Neotericae* Peripateticae *scholae methodum redacta* a R. P. Casimiro Tolosate Capucino. In sex Tom. distributa. Beziers 1674. S. *Journal des sçavans* 1676. p. 83 f.

[2] Vgl. u. a. die Erwähnung der Scholastiker Albertus M. u. Baconthorp († 1346) *Phil. Schr.* IV p. 479.

der Korpuskulartheorie in einen qualitativen oder einen peripatetischen Atomismus durch die eben genannten, bisher nicht beachteten Schriftsteller eher in Betracht ziehen dürfen, als den Hylozoismus eines Willis oder Glisson. Wir haben hier namentlich darauf hinzuweisen, wie sich in jenen Versuchen die Korpuskulartheorie wieder von der mechanischen Auffassung trennt. Es sind offenbar sowohl anaxagorische als platonische Vorstellungen, welche die Atomistik ebenso wieder mit Aristoteles versöhnen sollen, wie sie bei der Erneuerung derselben dazu dienten, von Aristoteles zur Korpuskulartheorie überzuführen.

2. Wolferd Senguerd.

Besonnener und mehr von Descartes abhängig ist der Eklekticismus, welchen Wolferd Senguerd (1646—1724) vertritt, bekannt als Erfinder der Luftpumpe mit doppelt durchbohrtem Hahne. Er lehrt,[1] dafs die Veränderungen in der Natur nicht auf einem einzigen Prinzip oder essentiellen Attribut beruhen können, welches das Wesen der partikulären Körper ausmache, sondern dafs hierzu eine zusammengesetzte Essenz gehöre, die von mehreren Teilen abhänge.[2] Es sind drei solcher Prinzipien anzunehmen: *causa efficiens*, *materia* und *forma*,[3] während *privatio* und *finis* als Prinzipien auszuschliefsen sind, zumal die Zwecke uns unbekannt bleiben. Die Materie hat ihre Essenz lediglich in der Ausdehnung, sie ist an sich ausgedehnte Substanz.[4]

[1] Wolferdi Senguerdii, A. F. in Acad. Lugd.-Bat. Philosophiae Professoris *Philosophia naturalis*, quatuor partibus primarias corporum species, affectiones, differentias, productiones, mutationes et interitus exhibens. Ed. secunda, priore auctior. Lugd.-Bat. 1688. Die erste Auflage erschien 1681.

[2] A. a. O. p. 5.

[3] Die Prinzipien sind nämlich: 1. eine wirkende erste Ursache, da alle Veränderungen eine solche erfordern; 2. ein erstes Subjekt, das nur durch die Aktion des wirkenden Prinzips die Verschiedenheit der Körper hervorruft, abstrakt betrachtet aber allen gemeinsam ist; 3. ein spezifisches Prinzip zur Bestimmung der besonderen Wirkungen des allgemeinen Prinzips. Das zweite ist ein konstitutives Prinzip, welches die allgemeine Essenz gibt und die Aktion des wirkenden Prinzips aufnimmt, das dritte ist ein effektives Prinzip, das die spezifische Natur der allgemeinen Essenz hinzufügt. Ersteres kann als Materie, letzteres als Form bezeichnet werden.

[4] A. a. O. p. 12.

Hieraus folgen als Attribute die Endlichkeit sowohl der Teile als der Gesamtausdehnung der Materie. Ferner folgt daraus die Undurchdringlichkeit und die Teilbarkeit ins Unbestimmte (in indefinitum). *Actu* unendliche Teile der Materie sind nicht möglich. Die Materie ist ingenerabel und inkorruptibel, jedoch nicht ewig; Neuerschaffung von Materie ist möglich. Formen, Modi und Accidentien kann die Materie ins Unbestimmbare aufnehmen. Verdünnung und Verdichtung an sich kann nicht stattfinden, sondern immer nur durch den Eintritt oder Austritt sehr feiner, den Sinnen nicht wahrnehmbarer, körperlicher und ausgedehnter, heterogener Teile mittels der Poren der Körper.[1] Ein Vacuum ist übrigens nicht ausgeschlossen; denn der Raum besitzt keine Realität, sondern bezeichnet nur die Fähigkeit, erfüllt zu werden, ist also nicht mit den Körpern identisch.[2]

Die Verbindung mit der Form ist die *conditio sine qua non* der Information. Immaterielle Formen, die nicht wie die materiellen von der Materie abhängig sind, ebenso wie substanzielle Formen gehören nicht in die Physik, sondern nur die accidentiellen; sie zerfallen wieder in essentiale und accidentale; diese sind Modifikationen der Materie.[3]

Bewegung ist die bewirkende Ursache der Veränderungen und Formen. Sie ist etwas Singuläres und Absolutes, nicht respektiv und reciprok, aber ein der Materie inhärentes Accidens. Das Subjekt der Bewegung ist die formierte singuläre Materie. Man bezeichnet die Bewegung besser als Übertragung von Raum zu Raum statt von Ort zu Ort, denn der Raum wird erst durch die Gegenwart des Körpers zum Ort. Sie wird von aufsen übertragen und entspringt nicht durch sich selbst.[4]

Gott ist die erste wirkende und erhaltende Ursache. Es ist wahrscheinlich, dafs Gott die Bewegung konstant erhält, aber nicht völlig gewifs und folgt nicht notwendig aus der Konstanz der Materie.[5]

An der Bewegung ist zu unterscheiden die *Vis movendi* in demjenigen, was bewegt, der *Impetus*, der durch die Kraft in dem, was bewegt wird, imprimiert wird, und die Trans-

---

[1] A. a. O. p. 19. — [2] p. 153. — [3] p. 22—27. — [4] p. 27—36. — [5] p. 36 f.

lation als die Wirkung des Impetus; ferner zwischen derselben Bewegung der Art nach (an verschiedenen Subjekten), und derselben Bewegung der Zahl nach; der Zahl nach ist die Bewegung dieselbe, welche nicht als verschiedene gezählt werden kann. Der Zahl nach bleibt die Kraft ein und dieselbe in Gott, im Universum jedoch nur der Art nach, da sie hier nicht immer in denselben Subjekten bleibt. Dasselbe gilt von der Bewegung; der Zahl nach wandert dieselbe nicht von Subjekt zu Subjekt.[1]

Zur Mitteilung der Bewegung sind notwendig: Berührung, ein gewisser Widerstand und hinreichende Kraft und Impuls zur Überwindung desselben. Die Körper werden zurückgeworfen, wenn der getroffene — auch der ruhende — Körper stärker widersteht, als der Kraft des treffenden entspricht. Von einem schwächeren oder gleichen Körper kann kein andrer bewegt werden. Die Gleichheit ist nicht allein aus der Gröfse des Volumens (molis), sondern aus dieser, der Widerstandskraft und der Bewegung zusammen zu bestimmen. Bei gleichem Volumen sind die Körper als gleich anzusehen, falls sie gleiche Grade der Bewegung besitzen, oder der bewegte so grofse Bewegung, als der ruhende Widerstand hat. Bei ungleichen ist die Gröfse aus dem Produkt des Volumens und der Geschwindigkeit zu schätzen. Jeder Körper teilt dem andren soviel Bewegung mit, als er verliert; die Übertragung kann jedoch in der Natur nicht genau bestimmt werden, weil die Körper keine vollkommene Härte besitzen.[2] Die Ruhe ist nichts Reelles und Positives und erfordert keine besondere Kraft.[3]

Schwere ist ein der Materie von Gott erteilter inhärenter Impetus.[4] Der leichteste Körper ist der die himmlischen Räume erfüllende Äther, welcher aus den feinsten, sehr leicht beweglichen, verschiedenartig gestalteten, überwiegend kugelförmigen Partikeln besteht.[5]

Die Qualitäten resultieren aus der Mannigfaltigkeit der Bewegungen, bestehen jedoch auch *extra mentem* in den Körpern. Verborgene Qualitäten gibt es nur relativ für unsre Erkenntnis.[6] Die Eigenschaften der Körper werden korpuskular erklärt. Das Licht beruht auf der Emission runder Partikeln.

---

[1] p. 39. — [2] p. 42 f. — [3] p. 104. — [4] p. 76. — [5] p. 191 f. — [6] p. 105.

Die Farben hängen von der Disposition der Oberfläche der Körper, ihren Poren etc. ab.

Der Zustand der Fluidität erfordert verschiedenartige Bewegung und Kleinheit der Teilchen.[1] Die Härte hat ihre Ursache nicht in der Ruhe der Teile, ihre erste Ursache auch nicht in der Verflechtung derselben, auch nicht im Druck eines umgebenden Mittels, sei es die Luft oder der Äther, sondern sie beruht auf dem allgemeinen Naturgesetz, daſs ein Ding in dem Zustande beharrt, in welchem es sich befindet, daſs also, was verbunden ist, vereint bleibt. Je gröſser nun die Berührungsfläche der benachbarten Teilchen ist, um so mehr ist die Störung des Zustandes, die Nachfolge andrer Körper erschwert; darum hängt die Kohäsion in zweiter Linie von der unmittelbaren Kontinuität und der Gröſse der Berührungsflächen benachbarter Körper ab. Weiche Körper haben Teilchen, die sich in geringer Oberfläche berühren.[2]

Die Kälte besteht in der gradlinigen Bewegung kleiner Teilchen, aber nicht runder, wie beim Licht, sondern oblonger und starrer; die Wärme in der verschiedenartigen Bewegung, die den kleinsten Teilchen innewohnt.[3]

Wie man sieht, gehört Wolferd Senguerd zu jenen Gelehrten, die zwar die aristotelischen Schulbegriffe zu modernisieren streben, thatsächlich aber gegenüber den groſsen Bahnbrechern der mechanischen Naturerklärung einen Rückschritt veranlassen, indem die Verschmelzung mit den logischen Begriffsbestimmungen sie bei ihren mechanischen Begriffen in Unklarheiten verwickelt. Dies zeigt sich besonders in Senguerds Bewegungslehre, die wesentlich darunter leidet, daſs die Bewegung als ein inhärentes Accidens des Körpers aufgefaſst wird und nun den logischen Bestimmungen über Substanz und Accidens unterliegen soll; er kommt infolgedessen trotz aller scharfsinnigen Unterscheidungen zu keinen anwendbaren und erfolgreichen Gesetzen der Mitteilung der Bewegung und verliert sich in die von Descartes überwundenen Spekulationen, während es doch gerade darauf ankam, alle jene auf Substanz und Accidens zurückgehenden Überlegungen in Bezug auf die Bewegung fallen zu lassen, um an Stelle derselben mit einem

[1] p. 90. — [2] p. 125—130. — [3] p. 148, 149.

neuen Denkmittel die neuen Begriffe zu bewältigen. Wir sehen gerade hier, wie schwer es offenbar scharfsinnigen Denkern wurde, sich von ARISTOTELES zu emanzipieren, obwohl sie die Vorteile, welche die Korpuskulartheorie der Naturerklärung bot, sich voll zu nutze zu machen bestrebt waren.

3. Weitere atomistische Hypothesen.

Unter dem Einflusse GASSENDIS fand die Zersetzung der Korpuskulartheorie nach einer Seite hin statt, welche einer mechanischen Theorie der Materie nicht weniger gefährlich war, als die Neigung zum Peripatetismus, weil sie sich nämlich mit der platonisierenden Richtung desselben in gewisser Hinsicht berührt. Es handelt sich um das Bestreben, zu punktuellen Atomen überzugehen. Dabei verliert sich der Wert der gassendischen Atomistik, welcher im Begriffe der substanziellen Solidität liegt, und es eröffnet sich neben der physikalischen auch noch der metaphysischen Hypothese ein weiter Spielplatz.

Schon der durchaus auf scholastischem Standpunkte stehende Jesuit RODERICUS DE ARRIAGA [1] aus Castilien (1592—1667) mag nicht unbeeinflufst vom Geiste des atomistischen Jahrhunderts gewesen sein, als er bei seiner eingehenden Untersuchung der Frage nach dem Kontinuum zu dem Resultate kam, in demselben nicht nur unendlich viele *actu* unterschiedene Indivisiblen anzunehmen („möge man sie nun *partes* oder *Blictri* nennen"), [2] sondern auch die Bewegung, sowie die Zunahme und Veränderung als diskontinuierlich zu erklären. Ganz wie die Mutakallimun und GASSENDI führt er die verschiedenen Grade der Geschwindigkeit auf die Einstreuung von Ruhepausen (morulae) zurück. [3] Er wurde von PETRUS DE VILLEMANDY des Pyrrhonismus beschuldigt. [4]

Als Vertreter der Ansicht, dafs die Atome die kleinsten

---

[1] R. P. RODERICI DE ARRIAGA Hispani Lucroniensis e S. J. etc. *Cursus philosophicus.* Lugduni 1669. Die erste Ausgabe erschien 1632.

[2] A. a. O. p. 556 ff. — [3] A. a. O. p. 587, 628.

[4] *Scepticism. debell.* c. II, p. 13, nach BAYLE, *Dict.* I p. 353. Als eines Beitrages zur Frage nach d. Kontinuum sei hier auch des Werkes gedacht: W. LANGII *De Veritatibus geometricis libri II. Prior contra Scepticos et Sextum Empiricum etc. Posterior contra M. Meibomium.* Hafniae 1656.

Elemente der Dinge sind, so klein, dafs sie der Teilung nicht fähig, nennen wir Johannes Phocylides Holwarda[1] (Arzt zu Franeker, 1618—1651). Seine Atome sind nicht mathematische Punkte, sondern richtige Korpuskeln (corpuscula vera), welche ihre Dimensionen und Vermögen (virtualitates) besitzen.[2] Die Bewegung stammt vom Schöpfer, die verschiedenen Wirkungen von den Gestalten der Atome, auch diejenigen, welche man Sympathien und Antipathien nennt.[3] Die Formen bestehen in der feinsten und unsagbar reinsten Contextur der Atome.[4] Ein Vacuum ist vorhanden.[5]

In England war die gassendische Philosophie durch Walter Charleton eingeführt worden in einem Werke,[6] von welchem jedoch nur der erste, die allgemeine Physik behandelnde Teil erschien.[7]

Wirkliche reelle mathematische Punkte nahm David Derodon (de Rodon) († 1664) in seiner *Physica contracta* an,[8] ebenso der Genfer Professor der Philosophie Caspar Wyss (1633—1668) in seinem 1669 erschienenen *Cursus philosophicus, logicus, physicus.*[9] In demselben Jahre erschien ein kleines Büchlein des Freiherrn Franz Wilhelm von Nulandt,[10] welcher sich in der Vorrede entschuldigt, dafs er das Waffenhandwerk mit der Feder vertauscht, um gegen Descartes ins Feld zu ziehen.[11] Das Wert-

---

[1] *Philosophia naturalis, seu physica vetus-nova.* Ex optimis quibusque Autoribus antiquis pariter et Neotericis deducta, Propriisque Speculationibus et Inventis aucta et Illustrata, Ab Eximio Viro, Joh. Phocylide Holwarda L. A. M. Med. Doct. et Philosophiae, dum viveret, Profess. Ordinario. Franekerae 1651. 8.

[2] A. a. O. p. 8. — [3] p. 16. — [4] p. 123. — [5] p. 27.

[6] *Physiologia Epicuro-Gassendo-Charletonia or a fabrick of science natural upon the hypothesis of atoms.* London 1654. Fol.

[7] Brucker, T. IV p. 530, 531. Morhof, II p. 183.

[8] *Opera philosophica,* Genevae 1659. Vgl. Sturm, *Phys. elect.* I p. 32. Morhof II p. 287.

[9] Sturm, *Phys. conciliatrix,* Norimb. 1687. p. 26. *Phys. elect.* I p. 32.

[10] Nicht: Nuland, Nueland, Nylandt.

[11] *Elementa physica, sive Nova philosophiae principia,* ubi Cartesianorum Principiorum falsitas ostenditur ipsiusque errores ac Paralogismi ad oculum demonstrantur. A Francisco Wilhelmo Libero Barone de Nulandt Ordinis Sancti Joannis Hyerosolimitani Equite, Commendatario in Rotweil, Insulae Gaulitanae Proprincipe, Regiae Majestatis Hispaniarum nec non Serenissimi Electoris Brandeburgici Vice Tribuno, Domino in Winterberg, etc. Hagae Comitis 1669. Vgl. auch *Philos. Trans.* 1670 p. 2007 ff. Reiman, *Hist. litt.* Morhof II p. 258.

vollste an dem Buche ist ein sonst nicht veröffentlichter Brief von Huygens, datiert von Paris am 26. April 1669, welcher sich hinter der Vorrede abgedruckt findet und in welchem Huygens sagt, er habe immer angenommen, dafs das, was er unter dem Leeren verstehe, dasselbe sei, wovon Descartes behauptet, es sei Körper. Nach Nulandt ist die Welt aus nichts durch Gott entstanden. Das Endliche sei nämlich die mittlere Proportionale zwischen dem Nichts und dem Unendlichen, was Nulandt durch mathematische Beispiele zu belegen sucht, indem er das Quadrat auffafst als mittlere Proportionale aus dem Punkt und der unendlichen Geraden.[1] Das Nichts und das Unendliche sind relativ, so dafs ein und dasselbe Ding im Vergleich zu dem Einen nichts, im Vergleich zu dem Andern unendlich sein kann.[2] Die Körper sind aus dem Nichts, d. h. aus den mathematischen Punkten des Vacuums entstanden, indem diese durch eine gewisse Gewalt (nämlich durch Gott)[3] in denselben Raum gedrängt wurden. Dadurch verdichteten sie sich zu physischen Punkten, zu Atomen von bestimmter Gestalt. Diese bilden die physischen Körper, die daher unendlichmal dichter, härter und fester sind als das Vacuum, obgleich sie nicht mehr Raum enthalten.[4] Die Atome sind im höchsten Grade dicht, hart und undurchdringlich, aber zugleich elastisch.[5] Wo die Atome sich berühren, wachsen sie durch diese unmittelbare Berührung in einen Körper zusammen. Wenn sie sich in ganzen Flächen berühren, so sind die Körper hart, und um so weicher und zerreiblicher, je zierlicher die Berührungsflächen sind. Berühren sich die physischen Punkte nur in Punkten oder Linien, so entsteht ein flüssiger Körper.[6] Der Raum, in welchem die Bewegung vor sich geht, ist unbeweglich, die Ruhe eine unendlich langsame Bewegung.[7] Nulandt stellt auch Descartes gegenüber Bewegungsgesetze auf und schmeichelt sich mit der Hoffnung, dafs sie mit den von Huygens veröffentlichten, aber ihm noch nicht bekannt gewordenen übereinstimmen. Huygens

---

Tschirnhausen, *Medicina mentis*, Lips. 1695, p. 177. — Das Buch ist 1669 erschienen, nicht 1667, wie Baltzer (*Spinoza* S. 33) angibt, wonach die dort ausgesprochenen Vermutungen zu modifizieren sein dürften.

[1] *Elem. phys.* p. 8—13. — [2] p. 15, 16. — [3] p. 64. — [4] p. 31. — [5] p. 32. [6] p. 54. — [7] p. 66, 68.

wird freilich von denselben sowie von der Nulandtschen Schrift nicht sehr erbaut gewesen sein, und es läſst sich begreifen, daſs der Briefwechsel mit Huygens nunmehr aufhörte.

Eine gewisse Ähnlichkeit mit der Nulandtschen Kompression der mathematischen Punkte zeigt die punktuelle Atomistik von D. de Stair,[1] Rat Karl II. von England. Er kritisiert die peripatetischen, cartesischen und atomistischen Hypothesen und erklärt es für das Richtige, zwischen den letzteren „den Mittelweg" einzuschlagen. Nach seiner Ansicht bestand der erste und einfachste Zustand (das Chaos), in welchem die Masse der Materie von Gott geschaffen wurde, in unteilbaren, punktuellen Substanzen ohne jede Kohäsion der Teile (p. 41). Das Wesen der Materie besteht nicht in der Ausdehnung, sondern in der Undurchdringlichkeit, wodurch die Teile der Materie sich gegenseitig von demselben Orte ausschlieſsen (p. 48). Die erste Veränderung, welche Gott bei der Schöpfung der Materie zu teil werden lieſs, war der Druck der Teile gegen das gemeinsame Zentrum, wodurch einige der Indivisibeln zu Korpuskeln vereint wurden. Die Gestalt der Korpuskeln ergab sich dabei derart, daſs sie sich in einigen nach Lage der Teile ändern kann, in andern dagegen unveränderlich ist; letztere sind die einfachsten Korpuskeln und konstitutiven Körper aller konkreten Dinge; sie sind so klein, daſs sie nur durch das Denken percipiert werden können, ihre groſse Menge jedoch läſst sie sinnlich wahrnehmbar werden (p. 49). Der gröſste Teil der Welt hat übrigens weder Vereinigung noch Gestalt (p. 28).

Jede Druckkraft ist etwas Einfaches und Beharrendes in jedem Teilchen der Materie, dem sie Gott mitgeteilt hat, und kann durch keine Kraft der Natur von diesem Teil der Materie getrennt oder an einen andern übertragen werden (p. 55). Sie erhält sich als ein innerer Druck oder Conatus zur Bewegung in einer einzigen, für jedes Teilchen bestimmten Richtung, so lange die Bewegung selbst gehemmt wird (p. 22, 23). Ebenso

[1] *Physiologia nova experimentalis* in qua generales notiones Aristotelis, Epicuri, et Cartesii supplentur: errores deteguntur: atque clarae distinctae et speciales causae praecipuorum experimentorum, aliorumque phaenomenon naturalium, aperiuntur. Ex evidentibus principiis, quae nemo antehac perspexit et prosecutus est. Lugd.-Bat. 1686. Das Buch erschien zuerst englisch, die Vorrede ist vom 11. April 1681 datiert.

aält sich die bestimmte Anzahl der Korpuskeln des Äthers,
s Feuers und jedes einfachen Körpers, wie sie Gott im An-
ag aus den Punkten zur Vereinigung gebracht hat (p. 56).
is Wesen des Körpers besteht darin, dafs er Ausdehnung
artes extra partes) nach drei Dimensionen hat. Zur Wirk-
mkeit der Körper sind substanzielle Formen nicht erforder-
h. Die Quantität ist in der Essenz und Idee des Körpers
thalten und wird nicht aufserdem hinzugefügt (p. 59, 61).
e unbewufste Materie wirkt nur durch ihre innerlichen, ihr
n Gott bei der Schöpfung frei erteilten bewegenden Kräfte,
er immer gleichförmig in derselben Weise; alle Bewegungen
r unbelebten Materie sind hieraus abzuleiten (p. 61, 82). Wo
sich jedoch um mit den Umständen wechselnde Wirkungen
ndelt, geschehen dieselben durch *Spiritus*, welche mit Wahr-
hmung und Selbstbestimmung begabt sind (p. 63).

De Stair empfiehlt den Synkretismus seiner Theorie noch
rch die Bemerkung, dafs seine Hypothese auch von denen
genommen werden könne, welche die Konstitution des Körpers
s Indivisibeln nicht begreifen können, indem sie nur voraus-
setzen brauchen, dafs Gott aufser den untrennbaren Kor-
skeln auch noch solche mit schwächerer Geeintheit und
ränderlichen Gestalten geschaffen habe (p. 71).

Aus der speziellen Physik de Stairs erwähnen wir nur,
fs nach ihm die Kohäsion der Körper aus dem Druck der
eilchen folgt, und dafs dieser nach dem Innern der Masse zu-
mmt (p. 52, 54). Die Teilchen der Flüssigkeiten sind rund,
hlüpfrig, glatt und weich; sie ruhen selten, brauchen aber
cht bewegt zu sein, um Fluidität zu konstituieren (p. 77).
ie Luftteilchen sind ebenfalls rund, und zwar so geformt
rch die Rotation der Feuerteilchen; sie wechseln in schneller
ewegung ihren Ort (p. 508). Ein Vacuum ist nicht anzu-
hmen; Guerickes (Guirikius) Meinung über die Ausdehnung
s Vacuums wird zurückgewiesen (p. 608).

Die Schwere beruht auf der Circulation des Äthers (p. 245).
as Feuer ist ein einfacher, ingenerabler und inkorruptibler
örper, der in den meisten Körpern zusammengedrückt ent-
lten ist und von dort befreit wird (p. 316). Das Wesen des
euers besteht in der Figur seiner Teilchen, die durch eine
sprüngliche Vereinigung untrennbar sind und die natürliche,

von ihren Zentren ausgehende Kraft haben, sich um diese Zentren zu bewegen. Ihre Gestalt gleicht biegsamen Spitzen, die von dem Centralpunkt ihrer Vereinigung nach allen Seiten hinausstehen (p. 313, 315). Die Wärme entsteht durch die Rotation der frei werdenden Feuerteilchen. Die Kälte beruht auf der Beschaffenheit der kalten Körper, welche aus der Gestalt oder dem Druck derselben resultiert, die Rotation der Feuerteilchen zu hindern (p. 361).

Wenn die Feuerteilchen ihre Bewegung an die Ätherteilchen übertragen, so entsteht eine hin und hergehende Bewegung derselben und in diesen Vibrationen des Äthers besteht das Licht (p. 345).

Die einzelnen Erscheinungen der Körperwelt werden aus besonderen Annahmen über die Beschaffenheit der Korpuskeln erklärt, wobei der Verfasser aus allen ihm bekannten Hypothesen das Zusagendste auswählt.

Selbst die eifrigsten und ernsthaftesten Anhänger Gassendis sehen sich in dem letzten Viertel des Jahrhunderts veranlafst, von der Strenge der begrifflichen Entwickelungen Gassendis abzuweichen. Bernier, der das System des Meisters ausführlich dargestellt hatte (s. II S. 183), glaubt einige Schwierigkeiten, welche ihm über den Raum, die Bewegung u. s. w. aufgestofsen sind, lösen zu müssen. Es liegt ihm dabei fern, die Grundlagen der gassendischen Lehre antasten zu wollen, er hofft vielmehr die Atomistik sicherer zu fundieren. Thatsächlich aber löst er die Festigkeit der gassendischen Begriffe ohne Besseres an die Stelle setzen zu können. Er wünscht in den *Zweifeln über einige Hauptkapitel seines Abrisses der gassendischen Philosophie*,[1] dafs man die Modi der Körper nicht definiere, sondern aus der Anschauung entnehme. Er will daher die Diskontinuität der Bewegung, welche Gassendi angenommen hatte, indem er die Verschiedenheit der Geschwindigkeiten aus der Beimischung von Ruhepausen erklärte, lieber aufgehoben wissen und Bewegung und Ruhe als etwas Anschauliches wie die Krümmung ansehen, wozu es keiner abstrakten Beschreibung

---

[1] *Doutes* de Mr. Bernier *sur quelques-uns des principaux Chapitres de son Abrégé de la Philosophie de Gassendi*. Paris. (Ohne Jahreszahl, das Buch erschien 1682.) S. *Acta erud.* 1682, p. 472 ff.

dürfe.[1] Die Theorie der Reflexion sucht er zu verbessern. edenklich für die Grundlagen der Atomistik wird jedoch die rüfung und Erledigung eines gegen die Unteilbarkeit der tome erhobenen Einwandes. BERNIER muſs zugeben, daſs B. das auf der östlichen Seite eines Atoms liegende Teilen *A* nicht dasselbe sei, wie das auf der westlichen Seite egende *B*; sie sind demnach *réellement distinctes*, und daraus üſste folgen, daſs sie trennbar sind, wenn das Sein an verhiedenen Orten das Zeichen der Trennbarkeit wäre. Dagegen klärt BERNIER, das Zeichen der Trennbarkeit sei vielmehr es, daſs ein Körper weicht, nicht widersteht und nicht sehr art ist. Da es nun sehr harte Körper in der Natur gibt, üsse es auch Untrennbares geben, und dies nenne er Atom.[2] iermit stellt jedoch BERNIER ein Hauptmoment der gassendihen Atomistik in Frage, welches darin bestand, daſs nicht e sinnliche Eigenschaft der Härte, nicht eine Naturkraft von npirisch unüberwindlicher Stärke die Atome vereinigt, sondern er Begriff der Solidität als eine Bedingung der Einheit der aumerfüllung, die sich in den geometrischen Figuren der dividuellen Substanzen ausspricht. Näher diesem strengen egriff des Atoms kommt BERNIER wieder, wenn er darunter n absolutes Kontinuum ohne Unterbrechung versteht, welches ur unter einer einzigen Oberfläche enthalten ist.[3]

Als getreuen Anhänger GASSENDIS nennen wir noch WILHELM AMY (nicht FRANCISCUS,[4] wie BRUCKER[5] angibt), der, nachdem sich gegen ARISTOTELES und DESCARTES erklärt, die Lehren ASSENDIS vorträgt und verteidigt.[6]

4. John Lockes Begriff der Solidität.

Am Schluſs derjenigen atomistischen Hypothesen, welche ohl im Gegensatz zu DESCARTES mehr von GASSENDI abhängig

---

[1] *Doutes* etc. p. 75, 76. — [2] A. a. O. p. 136. — [3] A. a. O. p. 140.

[4] FRANÇOIS LAMY (1636—1711) war Malebranchist, über ihn BOUILLIER, p. 363 ff.

[5] T. IV p. 529.

[6] GUILH. LAMY. *De principiis rerum libri tres.* Paris 1680. S. *Acta erud.* 682 p. 155 f. — STRUVII *bibl. philos.* Jena 1704. c. 5, § 5, p. 73.

sind, erwähnen wir noch den berühmten Namen John Lockes[1] (1632—1704) wegen der sehr zutreffenden Erörterungen über den Begriff der Solidität. Locke hält diese Bezeichnung (solidity) für besser als das Wort Undurchdringlichkeit, weil letzteres mehr verneinend ist. Die Solidität aber, welche wir sinnlich als Widerstand wahrnehmen, scheint dem Körper wesentlich zu sein und dasjenige auszumachen, wodurch er sich vom Raum unterscheidet, den Raum erfüllt und jeden andren Körper von sich ausschliefst. Wir übertragen diese Eigenschaft durch den Verstand auf die kleinsten Teile der Körper. Solidität besteht nicht in der Härte, letztere gehört vielmehr zu den subjektiv sinnlichen Eigenschaften. Härte ist in den einzelnen Körpern verschieden, Solidität jedoch in allen dieselbe, im Diamant nicht gröfser als im Wasser. Auf ihr beruht der Stofs der Körper, weil sie das Eindringen in den erfüllten Raum ausschliefst.[2] Die Kohäsion der soliden und somit trennbaren Teile der Körper und das Vermögen, die Bewegung durch Stofs mitzuteilen, sind die ersten Vorstellungen, welche wir vom Körper haben. Der Körper kann nur durch Stofs seine Bewegung an einen andren übertragen, die Seele freilich kann nach Belieben Körper bewegen oder anhalten.[3] Der Zusammenhang der Teile ist jedoch nicht erklärlich. Die Ätherhypothese genügt nicht, weil es alsdann wieder an einem Bande für die Teilchen dieser *materia subtilis* fehlt.[4] Der Einwand, welchen Locke macht, dafs, wenn nur äufserer Druck die Ursache der Kohäsion wäre, jede durch den Körper gedachte schneidende Ebene eine seitliche Verschiebung längs derselben zulassen müfste, deckt sich mit dem von Huygens gegen Papin erhobenen.[5] Die Auffassung der Materie ist bei Locke durchaus korpuskular, aber er sagt: „Wer die Bande, welche diese Haufen kleiner Körper so fest zusammenbinden, wer den Kitt, der sie so zähe aneinander klebt, fände, hätte ein grofses,

---

[1] Lockes *Essay concerning human understanding* erschien zuerst London 1690, nachdem Leclerc einen Auszug in französischer Übersetzung 1688 veröffentlicht hatte (*Biblioth. universelle* VIII p. 49—142). Wir citieren nach der deutschen Übersetzung von Kirchmann, Berlin 1872.

[2] *Ess.* etc. l. II c. 4. Kirchmann, Bd. 1. S. 121—126.

[3] A. a. O. l. II c. 23, § 17, 18. K. II. S. 322, 323.

[4] A. a. O. § 34. S. 325. — [5] Vgl. oben II S. 361.

noch unbekanntes Geheimnis entdeckt; und doch würde er auch dann die Ausdehnung der Körper (welche der Zusammenhang seiner dichten Teile ist) nicht erklären können, wenn er nicht zeigen könnte, worin die Vereinigung oder Befestigung der Bestandteile dieser Bande, dieses Kittes oder der kleinsten Stoffteile besteht."[1] Ebenso unbegreiflich wie die Ausdehnung und Kohäsion ist die Mitteilung der Bewegung durch den Stofs. Substanz und Bewegung sind gleich unfafsbar. „Man kann ebenso schwer begreifen, wie eine Substanz, die man nicht kennt, durch Denken den Körper bewegt, als wie eine Substanz, die man nicht kennt, durch Stofs denselben bewegt."[2]

Den Begriff des Atoms leitet LOCKE aus dem Begriffe der Identität ab, aus welchem das Prinzip der Individuation folgt. Das Atom ist der stetig unter einer Oberfläche fortbestehende Körper, der in einer besondern Stelle des Raumes und der Zeit da ist; offenbar ist er in jedem Zeitpunkt des Daseins derselbe mit sich selbst."[3] Bei der fortgesetzten Teilung des Stoffes wird jedoch die Vorstellung der Teile unklar, und nur die Vorstellung der Teilung selbst bleibt klar.[4]

Die von LOCKE hervorgehobenen Begriffe der Solidität und des Atoms enthalten in der That die Gedanken, welche zur erkenntniskritischen Begründung der Physik erforderlich sind, aber im Sinne von LOCKE konnten sie zu einer solchen nicht führen, weil er ihre Bedeutung nicht in der innern Notwendigkeit des *Apriori* als Bedingung der Erfahrung erkennt, sondern sie nur als ein Resultat der durch die Sinne vermittelten Erfahrung ansieht. Er glaubt daher, dafs jene „dunkeln" Begriffe der Substanz, der Kohäsion und Bewegung schon über die Grenze der Erfahrung hinausgehen; es liegt ihm fern, solche Festsetzungen zu suchen, welche notwendige Vorbedingungen der Erfahrung sind; und so zweifelt er überhaupt an der Möglichkeit der Naturwissenschaft als Wissenschaft. „Da dieser Weg, wonach wir nur durch Erfahrung und Beschreibung das Wissen von den Substanzen erlangen und vermehren können, bei der Schwäche und Mittelmäfsigkeit unserer Vermögen hier in dieser Welt der einzig benutzbare ist, so

[1] *Ess.* etc. a. a. O. § 26. S. 327. — [2] A. a. O. l. II c. 23. § 29. S. 329.
[3] A. a. O. S. 348. — [4] A. a. O. c. 29 § 16. S. 393.

fürchte ich, dafs die Erkenntnis der Natur nicht zu einer Wissenschaft wird erhoben werden können, und wir werden nur wenig allgemeine Kenntnisse über die Arten der Körper und ihre Eigenschaften zu erlangen vermögen."[1]

Dieser Zweifel an der Möglichkeit, die Naturwissenschaft sicher zu fundieren, ist der Grund, weshalb wir den Lockeschen Sensualismus als einen der Faktoren betrachten müssen, welche zum Verfall der Korpuskulartheorie als einer wissenschaftlichen Theorie der Materie beigetragen haben. Trotz der klaren Erfassung einzelner fundamentaler Begriffe und der scharfsinnigen Analyse derselben gelingt es Locke nicht, ihnen ihre Stelle in der Einheit des Bewufstseins als Resultate notwendiger Denkmittel anzuweisen; und der hieraus entstehende Zweifel an der Möglichkeit tieferer Begründung der Naturerkenntnis veranlafst gerade die genialsten Naturforscher, sich lediglich an die Ausbreitung der Empirie zu halten. Wir sehen in Newton den hervorragendsten Typus des Empirikers, der die ganze Aufgabe seiner Forschung in der mathematischen Beschreibung der beobachteten Phänomene erblickt, aber jeden Versuch ablehnt, die gefundenen Thatsachen durch eine einheitliche Theorie der Materie zu begründen.

5. Die naturwissenschaftliche Hypothesenbildung.

Je mehr die Sicherheit des Fundaments wankt, desto reicher blühen die konziliatorischen Versuche und die Lust an Hypothesen, zu denen sich die Korpuskulartheorie so sehr eignet. Es ist unthunlich, alles, was die Phantasie jedes einzelnen Schriftstellers hierin leistet, weiter zu verfolgen, und wir müssen uns darauf beschränken, noch an einzelnen Beispielen aus der Reihe der Physiker, Mediziner und Chemiker sowie der auf den Unterricht bedachten Gelehrten zu zeigen, wie die wüsten Hypothesenbildungen und der oberflächlichste Eklekticismus den Niedergang der kinetischen Korpuskulartheorie enthüllt.

Der Ausgangspunkt für die verschiedenen Hypothesen lag hauptsächlich in der Erklärung der Kohäsion, der ursprüng-

[1] A. a. O. l. IV c. 12. § 10. K. II S. 268.

lichen Festigkeit, der Aggregatzustände, der Elasticität, der Verdichtung und Verdünnung, und wir haben bei den einzelnen Vertretern der Korpuskulartheorien gesehen und werden noch weiter dazu Gelegenheit haben, wie sie sich hier mit den Eigenschaften und Bewegungen der Korpuskeln zu helfen suchten. Dazu kamen als Anregungen für besondere Hypothesen die chemischen und physiologischen Erscheinungen, namentlich die sogenannte Effervescenz und Gärung; vor allen endlich die Gravitation. Wir haben bei den hervorragenden Vertretern der kinetischen Korpuskulartheorien auch ihre mechanischen Gravitationshypothesen besprochen, und wollen hier nur noch auf einige Modifikationen derselben hinweisen.

A. Gravitationshypothesen.

Die cartesische Erklärung der Schwere aus der Rotation des ersten und zweiten Elements suchte ROHAULT[1] durch Anführung des von HUYGENS angestellten Versuchs zu sichern. Ähnlich erklärte der Cartesianer CLAUDE GADROIS (1642—1678) die Schwere,[2] nur dafs er sie aus der Rotation des ersten Elements allein ableitete. RÉGIS wandte sich gegen diese Ansicht, weil weder die Bewegung des Äthers auf konzentrischen Sphären sich begründen, noch die Richtung der Gravitation gegen das Erdzentrum daraus sich ableiten liefse; es würde sich nur der Fall der Körper gegen die Erdaxe ergeben. Er nimmt eine gemischtlinige Bewegung der fallenden Körper infolge der Wirbel an, die nur in Rücksicht auf die relative Bewegung der Erde geradlinig erscheint.[3] Die Geschichte der mechanischen Theorien der Gravitation ins einzelne zu verfolgen, hätte mancherlei Interessantes und würde über die Vorstellungen von der Bewegung und die mathematischen Hilfsmittel aufklärende Beiträge enthalten, welche für die Geschichte der Korpuskulartheorie wertvoll wären. So sehr daher eine solche Untersuchung erwünscht wäre, müssen wir doch, um uns nicht zu sehr in Einzelheiten zu verlieren, darauf verzichten und wollen

[1] *Phys.* 1671. II c. 28. p. 151 ff. Vgl. oben II S. 411.
[2] *Le système du monde selon les trois hypothèses* etc. Paris 1675.
[3] *Physique* I p. 442, 449 f.

nur noch auf die Zweifel hindeuten, welche Jacob I. Bernoulli (1654—1705) an der cartesischen Wirbeltheorie hegte und in einer Kontroverse mit Joh. Christ. Sturm erörterte, ohne zu einem entscheidenden Resultate zu kommen.[1]

Auch der berühmte Mechaniker Pierre Varignon (1654—1722) stellte eine Hypothese über die Schwere auf,[2] indem er dieselbe auf einen äufseren Druck zurückführte, unter der Voraussetzung, dafs die schweren Körper an sich gegen die Bewegung nach jeder Richtung sich indifferent verhalten. Die benachbarten Wirbel sollen zur Folge haben, dafs die Atmosphäre der Erde gerade so wirkt, als sei sie von einem festen Gewölbe umgeben. Zwischen diesem und der Erdoberfläche gibt es eine neutrale Zone, in welcher die Körper nicht schwer sind; darunter werden sie gegen die Erde, darüber nach oben gedrückt. Er beruft sich darauf, dafs nach Descartes' Angabe Mersenne und Petit senkrecht in die Höhe geschossene Kugeln mehrfach vergeblich gesucht hätten; dieselben seien also vermutlich in der indifferenten Zone hängen geblieben.

Gelegentlich sei bemerkt, dafs Nicolas Fatio de Duillier (1664—1753), welcher die erste Veranlassung zu dem Prioritätsstreit über die Erfindung der Differenzialrechnung zwischen Newton und Leibniz gab, eine Hypothese zur mechanischen Erklärung der Newtonschen Gravitationstheorie aufstellte,[3] indem er annahm, dafs die Materie nur einen sehr geringen Teil des Raumes einnehme, so dafs die Welt als fast absolut körperleer bezeichnet werden könne.[4] Die Teile einer oder mehrerer Ordnungen von freier Materie sind in jedem Sinne sehr agitiert und bewegen sich in geraden Linien; wenn sie direkt auf die

---

[1] *Dubium circa causam gravitatis a rotatione Vorticis terreni petitam*, *Acta Erud.* 1686. p. 91 f. Über Jac. Bernoullis eigene Theorie der Gravitation und Kohäsion s. II S. 430 f.

[2] *Nouvelles conjectures sur la pésanteur.* Paris 1690. *Acta Erud.* 1691. p. 299.

[3] Dieselbe findet sich in Duilliers Briefen an Huygens: Christiani Hugenii *aliorumque seculi XVII virorum celebrium Exercitationes mathematicae et philosophicae*, ed. P. Joh. Uylenbroek. Hag. Com. 1833. II p. 108—114. (Brief vom 24. Febr. 1690, worin Duillier angibt, dafs er seine Theorie schon seit drei Jahren in Gedanken habe.) Bemerkungen von Huygens gegen Duillier p. 114, 115. Dagegen Duillier p. 117—122. Vgl. ferner Leibniz *M. Schr.* II, Brief an Huygens vom 12/22. Juni 1694 p. 183.

[4] Uylenbroek a. a. O. II p. 119.

Körper fallen, verlieren sie etwas von ihrer Bewegung, die sich manchmal in andern Bewegungen wiederfindet. Die Reibung an den Körperpartikeln gibt ihnen eine kreisförmige Bewegung.[1] Die irdischen Körper sind skelettartig durchbrochen und bilden ein sehr dünnes Gewebe, so dafs ihre Poren der Materie freien Durchgang gestatten.[2] Duillier konnte jedoch Huygens nicht überzeugen.[3] Seine Theorie hat Ähnlichkeit mit der späteren von Lesage und ist als ein Vorläufer derselben anzusehen.

Endlich sei hier noch der Theorie von Claude Perrault (1613—1688) Erwähnung gethan, welcher, um die Gravitation gegen das Erdzentrum zu erklären, annimmt, dafs die Wirbel der ätherischen Materie sämtlich parallel dem Äquator mit sehr grofser Geschwindigkeit stattfinden, aber so, dafs diese Geschwindigkeit in den einzelnen Parallelkreisen nach den Polen zu stetig zunimmt.[4] Leibniz hat einen Versuch gemacht — ohne jedoch der Perraultschen Hypothese beizustimmen — die Zunahme der Geschwindigkeit nach den Polen zu motivieren und die dadurch erfolgende Bewegung zu bestimmen.[5]

Perrault bietet im übrigen ein treffendes Beispiel für die Überhandnahme der Hypothese, indem er nicht nur die Schwere, sondern auch die Härte und Elasticität korpuskular zu erklären versucht. Er nimmt an, dafs die Körper aus unteilbaren Partikeln von bestimmter und unveränderlicher Figur zusammengesetzt sind, welche zwischen sich kleine Intervalle lassen.[6] Die Luft ist aus drei verschiedenen Teilen zusammengesetzt, einem gröberen, einem feinen und einem ätherischen Teile.[7] Der ätherische Teil besitzt keine Schwere, sondern ist selbst die Ursache der Schwere. Der feine Teil besteht aus kugelförmigen Korpuskeln und ist daher nicht zusammendrückbar; die Schwere derselben drückt (durch Vermittelung der ätherischen Materie) die gröberen Korpuskeln der Körper zusammen und bewirkt dadurch ihre Festigkeit und Härte.[8] Wir verzichten indessen auf die weitere Ausführung dieser Hypothesen und

[1] A. a. O. p. 110. — [2] A. a. O. p. 113.
[3] Leibniz' *M. Schr.* II. Huygens an Leibniz 24. Aug. 1694. p. 192.
[4] *Essais de physique*, Paris 1680. I p. 81. Vgl. oben S. 455.
[5] *Arch. f. Gesch. d. Phil.* 1888. I p. 571 ff.
[6] *Essais de phys.* I p. 13, 14. — [7] A. a. O. p. 4, 5. — [8] A. a. O. p. 19 u. a.

ihrer Anwendungen, da sie über die schon anderweitig erwähnten korpuskularen Vorstellungen nicht hinausgehen, und fügen nur noch hinzu, dafs PERRAULT die ersten Zusammenfügungen der unteilbaren Korpuskeln als Partikeln bezeichnet; die Partikeln vereinigen sich zu Teilen (parties), aber auch diese sind noch unsichtbar, und die kleinsten sichtbaren Teile der Körper enthalten noch grofse Mengen dieser unsichtbaren Teile.[1]

B. Die Mikroskopie.

Eine wesentliche Stütze zog die Korpuskulartheorie aus dem Fortschritt der mikroskopischen Untersuchungen, welche ihre Hypothesen gewissermafsen *ad oculos* zu demonstrieren schienen. Hier sind vor allen HOOKES Entdeckungen zu nennen, welcher die verschiedenartigsten anorganischen wie organischen Körper seinem bewaffneten Auge unterwarf und neue Einblicke in die Konstruktion derselben und die Anordnung ihrer Teile eröffnete.[2] Er selbst war bekanntlich entschiedener Vertreter einer kinetischen Korpuskulartheorie (s. 4. Buch, S. 329 ff.).

Auf organischem Gebiete treten zu den Untersuchungen HOOKES und LEEUWENHOEKS, dessen korpuskulare Vorstellungen sogleich erwähnt werden sollen, noch die wichtigen Entdeckungen von HAM, MALPIGHI, SWAMMERDAM u. a. hinzu. Die Spermazellen, die Blutkörperchen, die Hefezellen und Mikroorganismen der verschiedensten Art stärkten die Überzeugung von der ins Unermefsliche gehenden Gliederung der organischen Natur indem sie somit der Neigung, die kleinsten Teile der Materie immer weiter zurückzuverlegen, entgegenkamen, führten sie doch zugleich aus dem hier zu betrachtenden Gebiete hinaus; denn indem sich die Materie in jenen Ursprungs- und Samenzellen schon organisiert erwies, schien sie zu beweisen, dafs eine bildende Kraft bereits die kleinsten Teile der Materie beherrscht. In diesem Sinne hat die Entdeckung der Mikroorganismen nicht blofs nachweislich auf LEIBNIZ[3] eingewirkt und ihn in der

[1] A. a. O. T. II. *Du bruit.* p. 36.

[2] *Micrographia: or some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses with observations and inquiries thereupon.* London 1667. Fol.

[3] S. *Phil. Schr.* IV p. 480. VI p. 152. — Vgl. SELVER, *Phil. Stud.* III S. 438 f. HEUSSLER, *Rational.* S. 154. S. auch oben S. 457 u. 483.

dynamischen Auffassung seiner Monaden bestärkt, sondern auch zu hylozoistischen Theorien Veranlassung gegeben.

Für die eigentliche Korpuskulartheorie kommen insbesondere diejenigen Untersuchungen in Betracht, welche sich auf die Kristallbildung beziehen. Die wichtigsten Aufschlüsse für die theoretische Erkenntnis der Kristalle gab die Entdeckung STENONES von der Konstanz ihrer Flächenwinkel.

NICCOLO STENONE (NICOLAUS STENO, 1631—1686) will in der Theorie der Materie sich für keinerlei System entscheiden, ob die natürlichen Teilchen der Körper ihre Gestalt ändern können, oder nicht, ob es leere Zwischenräume gebe, oder ob jene Partikeln aufser Ausdehnung und Härte noch irgend etwas Unbekanntes in sich enthalten. Er setzt nur soviel fest, dafs der Naturkörper eine Anhäufung sinnlich nicht wahrnehmbarer Teile ist, welche für die vom Magneten, dem Feuer und zum Teil auch dem Lichte ausgehenden Wirkungen durchgänglich ist, sei es, dafs sich offene Gänge zwischen den Partikeln, sei es, dafs sie sich in ihnen befinden, oder dafs auch beides der Fall sei. Das Feste unterscheidet sich vom Flüssigen dadurch, dafs in letzterem die Partikeln in fortwährender Bewegung sind und voneinander zurückweichen, während sie in ersterem sich zwar auch bewegen, aber, so lange der Körper fest bleibt, nicht voneinander weichen.[1] Die erste und ursprüngliche Ursache der Bewegung ist unbekannt. In der Natur jedoch rührt die Erzeugung der Körper von der Bewegung ihrer Teile durch eine durchdringende Flüssigkeit her, ob nun dieses Fluidum von der Sonne oder aus einer andren uns unbekannten Quelle stamme.[2] Jeder nach Naturgesetzen entstandene feste Körper ist aus Flüssigem hervorgegangen. Der feste Körper wächst durch Anlagerung neuer Partikeln, welche von einem äufsern Fluidum abgesondert und entweder direkt von diesem oder durch Vermittelung eines innern Fluidums nach Gestalt der innern Gänge angelagert werden.[3] Da nun von zwei benachbarten festen Körpern derjenige zuerst hart geworden sein mufs, welcher durch seine Oberfläche die Eigenschaften der Oberfläche des andren ausdrückt, so kann man daraus bei

[1] NICOLAI STENONIS *De solido intra solidum naturaliter contento Dissertationis prodromus.* Florentiae 1669. p. 10.
[2] A. a. O. p. 13, 14. — [3] A. a. O. p. 18.

einem gegebenen Körper auf die Bildung desselben durch Anlagerung schliefsen. Daraus zieht STENONE für die Begründung der Lehre von den geologischen Ablagerungen und von der Kristallbildung wichtige Schlüsse. Das Wachsen der Kristalle geschieht von aufsen, braucht jedoch keineswegs gleichmäfsig nach allen Seiten zu geschehen; dagegen findet es nach Mafsgabe der Oberflächen statt, so dafs die Winkel konstant bleiben.

Unmittelbare Schlüsse auf die korpuskulare Gestaltung der Körper zieht ANTONY VAN LEEUWENHOEK (1632—1723) aus seinen mikroskopischen Untersuchungen. Er glaubt in den kleinen Kristallen, die er in Wein und Essig beobachtete, die materiellen Korpuskeln der Salze zu erblicken und bezeichnet sie auch vielfach als Atome. Aufser unzähligen „Würmchen" entdeckte er im Essig dichte Mengen von „Salzteilchen", von verschiedener Gestalt und Farbe, die mit wenigen Ausnahmen nach beiden Seiten hin zugespitzt waren. Nachdem er Krebssteine oder Kreide in den Essig geworfen hatte, waren die spitzen Teilchen verschwunden und alle hatten sich zu mehr viereckigen Figuren abgestumpft, so dafs niemand zweifeln kann, dafs die zerstörte Schärfe und offenbare Änderung des Geschmacks der Veränderung jener Teilchen zuzuschreiben ist.[1] Aus seinen Beobachtungen schliefst er, dafs die Salzatome anfänglich sehr ebene kleine Figuren bildeten und aus diesen durch Umbiegung ihrer Ecken entstehen, indem sie sich von den Seiten her einrollen.[2] Er knüpft daran Betrachtungen über den Übergang der Teilchen in das Blut, in welchem er sie wiedererkannt zu haben glaubt. Es ist klar, dafs derartige Beobachtungen über die aufserordentliche Verschiedenartigkeit und Mannigfaltigkeit der dem bewaffneten Auge sichtbar werdenden Teilchen, da man sie für echte Korpuskeln hielt, dem Forscher die Berechtigung zu geben schienen, sich in den Hypothesen über die Gestalt der Korpuskeln keine Schranken aufzuerlegen. Das Mikroskop zeigte ja ihre Spitzen und Ecken, und es zeigte

[1] *Anatomia et Contemplatio nonnullorum Naturae invisibilium secretorum* comprehensorum Epistolis scriptis ad ill. inclytae Soc. Reg. Lond. Coll. ab ANT. DE LEEUWENHOEK, ejsd. soc. m. Lugd. Bat. 1685. S. *Act. Erud.* 1685. p. 533 f.

[2] ANTONII A LEEUWENHOEK, *Opera omnia seu Arcana naturae* etc. Lugd. Bat. 1722. T. I p. 13.

außerdem ihre Veränderlichkeit. Dies mußte grade jene Richtung der Korpuskulartheorie fördern, welche im nur praktischen Interesse sich auf Hypothesen über die Gestalt der Teilchen legte. LEEUWENHOEK glaubte mit seinen Vergrößerungen, die, wie wir jetzt wissen, kaum über das 160fache hinausgegangen sein können,[1] so weit in die Natur gedrungen zu sein, daß er sogar der Hypothese DESCARTES' widersprach, nach welcher die Wasserteilchen die Gestalt kleiner Schlangen hätten, weil er auch die kleinsten beobachtbaren Wassertröpfchen immer noch rund gefunden hatte.[2]

LEEUWENHOEKS Entdeckungen, die meist in den *Philosophical Transactions* erschienen — die erste 1673 — erregten schon durch das Interesse, welches sie der Neugier boten, das lebhafteste Aufsehen; wurde doch dem menschlichen Auge hier eine neue Welt eröffnet und gleichsam das innerste Geheimnis der Natur enthüllt. Wir finden sie daher bei den Zeitgenossen vielfach erwähnt und verwertet. Besonders stützte sich die mechanische Theorie der Ernährung auf dieselben, wie sie z. B. der Arzt DANIEL DUNCAN (1649—1735) in seinem Buche *La chymie naturelle etc.* (Paris 1682) lieferte, der übrigens bei seinen molekularen Theorien auch noch unter dem Einfluß der Chemiker steht.[3]

C. Ärzte und Chemiker.

Unter den Ärzten hatte der Cartesianismus vielfach Beifall gefunden. Seit REGIUS waren nicht wenige bemüht, die schon von DESCARTES angedeutete Theorie der physiologischen Beschaffenheit des menschlichen Körpers weiter auszubauen und zugleich die Heilmittellehre korpuskular zu gestalten. Der Nachfolger von SYLVIUS in Leiden, THEODOR CRAANEN (1620—1690) gab in diesem Sinne ein Buch heraus, worin unter Prüfung von SENNERTS Heilmittellehre die Natur aller Medikamente auf die Größe, Gestalt, Porosität, Verzweigung, Biegsamkeit, Starrheit und Kohäsion der Partikeln begründet wird.[4]

[1] POGGENDORFF, *Gesch. d. Ph.* S. 582. — [2] *Opera*, T. I. p. 10.

[3] Über den Einfluß der Mikroskopie auf die Anatomie u. Physiologie vgl. HAESER II S. 333 ff. u. PUSCHMANN, *Gesch. d. med. Unterr.* S. 294 ff.

[4] *Lumen rationale medicum, h. e Praxis medica reformata Henrici Regii.* Medioburgi 1686. S. *Acta erud.* 1686. p. 556.

Der Cartesianer CORNELIUS BONTEKOE (1647—1685), zuletzt Leibarzt des Kurfürsten von Brandenburg und Professor der Medizin zu Frankfurt a. O., war zugleich ein eifriger Anhänger der chemiatrischen Prinzipien von SYLVIUS. In Bezug auf die Kohäsionsfrage wich er dadurch von DESCARTES ab, dafs er die Festigkeit nicht von der Ruhe der Teilchen, sondern von dem Druck der umgebenden Flüssigkeit in Verbindung mit Gestalt und Gröfse der Partikeln herleitete.[1]

Wir erwähnen als Beispiel der willkürlichen Hypothesenbildungen nur noch STEVEN BLANKAART (STEPHANUS BLANCARDUS) aus Middelburg (1650—1702), Arzt zu Amsterdam, nicht weil er gerade als Arzt hervorragte, aber weil seine zahlreichen Schriften, namentlich sein *Lexicon medicum*,[2] sehr verbreitet waren, und er ganz besonders für die Ausdehnung der cartesischen Korpuskulartheorie thätig war. In seiner *Academia Cartesiana*[3] gibt er eine cartesische Begründung der Medizin. Er erklärt die Entstehung der besonderen Sekretionen, z. B. der Milch in den Brüsten, ebenso aber auch der animalen Spiritus aus der Beschaffenheit der Körperkanäle, welche so gestaltet sind, dafs sie nur Teilchen einer Art durchlassen. Seinem Traktat über den Skorbut,[4] in welchem er eine Theorie des Skorbuts auf cartesischen Prinzipien liefert, entnehmen wir seine Aufstellungen über die Gärung des Brotes, nur um dadurch jene beliebten Hypothesen zu repräsentieren, durch welche man glaubte eine Erklärung gegeben zu haben, wenn man einige Wirkungen beschrieb, welche die Korpuskeln infolge ihrer Gestalten möglicherweise haben konnten. Das Mehl wird demzufolge nach Hinzufügung des Wassers sauer und nimmt die Natur des Ferments an, weil die scharfen und starren Partikeln desselben von der subtilen Materie heftiger als seine andern Molekeln bewegt werden; infolgedessen pflegen sie nunmehr vermöge ihrer scharfen und nach allen Seiten schnei-

---

[1] CORN. BONTEKOE *Metaphysica*, ejusdemque *de motu liber singularis*, nec non *Oeconomia animalis*. Accedit A. GEULINCX *Physica vera*. Lugd. Bat. 1688. Vgl. *Acta erud.* 1688. p. 487.

[2] S. HAESER, Jena 1881. II S. 414.

[3] Amstelod. 1683. S. *Acta erud.* 1685 p. 144.

[4] *Tractatus curiosus de Scorbuto* etc. S. *Acta erud.* 1685 p. 456.

denden Gestalt die ineinander verschlungenen zweigförmigen oder ölartigen Partikeln, von denen sie vorher gleichsam gebunden gehalten wurden, zu zerreiſsen und zu trennen, so daſs sie jetzt vor allen übrigen vorherrschen und sich bemerklich machen. Entsprechend werden die übrigen Gärungen erklärt. Es wird dies genügen, um den lediglich veranschaulichenden Wert dieser willkürlichen Hypothesen zu charakterisieren.

Nicht nur Descartes, auch Gassendi muſste es sich gefallen lassen, im chemischen, physiologischen und therapeutischen Interesse ausgebeutet zu werden. Der Pariser Arzt G. B. de Saint Romain[1] findet in der Atomistik Gassendis ein willkommenes Mittel, seinen alchemistischen Neigungen eine theoretische Grundlage zu geben und die willkürlichsten Hypothesen über Wirkung der Gifte und Heilmittel aufzubauen. Die Gifte bestehen nach ihm in vereinzelten, vom Körper emanzipierten Atomen, welche vermöge ihrer scharfen, bohrer- und sägenartigen Gestalten schädigend wirken, die Organe durchdringen und zerstören und hierdurch die Bewegung der Lebensgeister unterbrechen. Gegengifte sind Mittel, die Bewegung dieser isolierten Atome zu hindern. Er teilt die Gifte nach ihrer Wirkung ein und nimmt dem entsprechende verschiedene Atome an. Die Ursache aller Krankheiten wird in willkürlicher Weise auf die Störungen durch derartige Atome zurückgeführt und die Heilung in ihrer Ausstoſsung gesucht, wozu als Generalmittel tägliche Evacuation empfohlen wird. Alle möglichen wunderbaren Wirkungen finden bei St. Romain unbedenklich Glauben und eine ebenso bereitwillige Hypothese zur Erklärung. Erwähnt sei noch, daſs nach ihm der Regen Keime (corpuscula seminalia), die aus der Sonne und den Gestirnen ausströmen, auf die Erde herabführt, und daſs das Licht aus den Atomen des Goldes besteht.

---

[1] *La science naturelle dégagée des chicanes de l'Ecole, Ouvrage enrichi d'Experiences de Médécine et de Chimie.* Paris 1679. (Gmelin, *Gesch. d. Chem.* II S. 19). Dasselbe lateinisch: *Physica a scholasticis tricis liberata*, Lugd. Bat. 1684. (*Acta erud.* 1684, p. 364.)

D. Lehrbücher.

In den Lehr- und Handbüchern, soweit sie überhaupt den modernen Lehren Konzessionen machen, herrscht naturgemäſs der Eklekticismus vor. Hier war schon durch den Schulgebrauch der Anschluſs an Aristoteles auch in der äuſseren Anordnung des Stoffes, nach Einteilung und Definitionen geboten. Eine Entscheidung muſste vermieden werden, und es genügte vielfach, die einzelnen Ansichten aufzuzählen. In dieser Hinsicht erwähnen wir die eklektische Physik Joh. Sperlettes, in welcher die Naturwirkungen „soweit als möglich mechanisch oder durch unverletzliche Bewegungsgesetze“, aber „nach der bisher in den Schulen üblichen Methode“ entwickelt werden.[1]

Als das bezeichnendste Beispiel, welche Gestalt des kritiklosesten Synkretismus die Korpuskulartheorie in der Verschmelzung mit der scholastischen Physik angenommen hatte, mag es erlaubt sein, in einer ausführlichen Anmerkung den Inhalt eines Büchleins anzuführen, das der Professor der Medizin zu Rinteln, früher in Marburg in Hessen, Heinrich May (1632—1696) „zum Gebrauch der lernbegierigen Jugend“ herausgab.[2] Die

[1] Joh. Sperlette, *Physica nova seu philosophia naturae*, ad usum Academicae Inventutis, secundum methodum hactenus in scholis receptam tradita, in qua omnes naturae effectus, quantum fieri potest, mechanice seu per inviolabiles motuum leges explicantur. Berol. 1694.

[2] Henrici Maji, D. Celsissimi Cattorum Principis Archiatri, et olim in Marpurgensi Medicinae et Physices ordinarii, nunc in Rinthelensi Academia Medicinae Primarii Professoris, *Physicae veteris-novae adornatae Secundum Democriti, antiquissimi Philosophi, a Gassendo, Verulamio, Boylaeo, Derodone, Digbyaeo aliisque recentioribus redintegrata, variisque Experimentis comprobata Principia, Synopsis conscripta In usum Studiosae Juventutis.* Francoforti Sumptibus Friderici Knochii, Ex officina Görliniana, a. 1688. Auch May will zwischen der peripatetischen und der modernen Physik einen „Mittelweg“ einschlagen. Seine Prinzipien der Naturerkenntnis sind drei: Die Sinneswahrnehmung, der Verstand (ratio) und die heilige Schrift. Was die Bibel sagt, darf nicht bezweifelt werden, aber wo sie nichts sagt, da ist dem Naturphilosophen freies Feld gelassen. Das Objekt der Physik ist der Naturkörper als solcher, d. h. der aus der natürlichen Form und Materie zusammengesetzte Körper, welcher die Natur gewissermaſsen als ein inneres Prinzip in sich enthält, wodurch er handelt oder leidet, bewegt oder weicht, soviel ihm nach dem allgemeinen Naturgesetze zukommt. Der allgemeine Begriff des Körpers ist, daſs er aus-

Unklarheit, welche in demselben trotz des vielversprechenden Titels herrscht, zeigt am besten den Zustand der Physik in den breiteren Schichten der gelehrten Bildung und beweist, welche Gefahr für den wissenschaftlichen Ernst der Theorie der Materie aus dem Umstande entsprang, dafs die Korpuskulartheorie als

---

gedehnte und undurchdringliche Substanz ist; indem man ihn als Naturkörper betrachtet, beschränkt man sich auf die Physik (p. 1, 2). „Prinzipien" und „Materie" werden aristotelisch gefafst. Die *materia subtilis* der Neueren ist, richtig verstanden, den Sätzen des Platon und Aristoteles nicht geradezu entgegen, nur darf sie nicht als homogen und gleichartig angesehen werden; denn wenn die kleinsten Teile derselben eine bestimmte Form haben, so ist nicht einzusehen, wie sie sich ohne leere Zwischenräume bewegen könnte (p. 6, 7). Im dritten Kapitel handelt May von den Atomen. Die Atome sind die kleinsten Korpuskeln, von solcher Kleinheit, dafs sie durch keine Naturkraft weiter geteilt werden können. Daher sind sie die kleinsten Elemente der natürlichen Dinge, aus denen jene zuerst zusammengesetzt worden sind und ebenso zuletzt durch Kunst und Natur aufgelöst werden. Es gibt einfache und zusammengesetzte Atome. Einfache nennen wir die kleinsten homogenen, insektilen Teile der Natur, welche daher solid und unbeugsam sind, und aus denen ein jeder Körper zusammengesetzt ist; sie zerfallen in Feuer-, Luft-, Wasser- und Erdatome. Die zusammengesetzten, anderwärts auch *minima Naturalia* genannt, sind kleine, heterogene und gemischte Partikeln, relativ unteilbar (secundum quid), d. h. unter der Bedingung, dafs sie unter derselben Form bleiben, obgleich sie zuletzt in reine Atome (puras atomos) auflösbar sind. Die einfachen Atome — deren Annahme leicht mit Descartes zu vereinen sei — sind nicht mathematische Punkte ohne Ausdehnung, sondern physische Punkte mit bestimmter Figur (p. 7, 8). Als Atomisten werden angeführt dsr Phönizier Mochus, Empedokles, Leucippus, Demokritus, Anaxagoras, Platon, Aristoteles (!), Galenus, Scaliger, Basso, Sennert, Boyle. Dafs die Gestalten der Atome unzählige seien, wird man kaum leugnen können, wenn es auch nur Vermutung ist, dafs die Feueratome sphärisch, die Erdatome kubisch, die Wasseratome oblong und biegsam, die Luftatome desgleichen in noch stärkerem Mafse, zugleich aber kleiner sind, dafs einige glatt, andre rauh oder mit Häkchen versehen sind. Die zusammengesetzten haben wahrscheinlich dieselben Gestalten, welche die gröfseren Körper nach konstantem Naturgesetz bewahren (p. 9, 10). Dafs Veränderung, Werden und Vergehen ihre Ursache in den Atomen haben ist klar. Auch Sympathie und Antipathie beruhen auf der Übereinstimmung oder dem Widerstreit der Atome. Der heiligen Schrift kann die Atomistik nicht widersprechen, da jene nichts darüber sagt.

Die substanzielle Form nimmt May als das an, wodurch ein Körper essentiell und spezifisch von allen andern sich unterscheidet. Es gibt substanzielle Formen in der Natur, sonst wäre kein Unterschied zwischen Entstehen und Veränderung und es könnte niemals eine neue Substanz erzeugt werden, sondern nur die vorhandene eine Veränderung ihrer Accidentien er-

eine Hypothese erschien, welche jeder Auffassung vom Körper sich anbequemen liefs. Ihre Behandlung schien so leicht, dafs ein jeder sich zutrauen konnte, mit derselben ins Innere der Natur einzudringen. May mag freilich wohl ein besonders verworrener Kopf gewesen sein, aber er war doch öffentlicher

---

leiden. Das aber scheint durchaus absurd und der Erfahrung widersprechend (p. 12). May hat also offenbar keine Ahnung, was eigentlich Atomistik bedeutet und warum die Erneuerer der Philosophie zur Korpuskulartheorie griffen; er arbeitet ruhig mit den substanziellen Formen weiter, läfst aber die Korpuskeln daneben zum beliebigen Gebrauche gelten. Über die Natur und ihre Thätigkeit werden die bekannten personifizierenden Sätze wiederholt, wie „die Natur macht keinen Sprung," „sie thut nichts vergeblich" u. s. w., auch *„abhorret ab infinito."*

Die Quantität ist ein innerer Zustand des natürlichen Körpers, durch welchen derselbe ausgedehnt ist; zu jeder Quantität gehört Gestalt, Endlichkeit und Undurchdringlichkeit. Der Physiker handelt nicht von der Quantität der Fähigkeit (virtutis), sondern der Masse (molis), auch nicht, wie weit es Teilung ins Unendliche gibt, auf physische Weise. Eine Durchdringung der Dimensionen gibt es nicht. Die Teile des Kontinuums werden nicht durch einen Modus, der eine gewisse *entitas superveniens* sei, sondern durch sich selbst geeint. Doch ist es schwer zu sagen, woher die Kohäsion komme, und vielleicht meinen die Epikureer nicht ganz unpassend zu diesem Behufe zu den mit Häkchen versehenen Atomen ihre Zuflucht nehmen zu müssen.

Was das Vacuum betrifft, so wird es zwar von der Natur nicht an sich verabscheut, ist auch nicht absolut unmöglich, aber doch nicht positiv in der Natur gegeben (p. 28).

Die Qualität ist ein innerer Zustand des Naturkörpers, wodurch er zum Wirken und Leiden befähigt ist. Die offenbaren Qualitäten zerfallen in „aktuose," Qualitäten im eigentlichen Sinne, die aus der Bewegung fliefsen und meist mit einer substanziellen Ausströmung verbunden sind, und in „inerte," die nichts bewirken und eigentlich keine richtigen Qualitäten sind; auch sie müssen aus Textur, Lage, Figur und Gröfse der Teile allein hervorgehen. Auf occulte Qualitäten soll man nicht leichtsinnig rekurrieren, dennoch wäre es sehr gewagt und unklug, alle Phänomene aus offenbaren Qualitäten ableiten zu wollen (p. 32, 33).

Seine scholastischen Worterklärungen und Einteilungen setzt May auch über die Bewegung und Ruhe fort. Dann heifst es weiter: Da die Bewegung gleichsam das Haupt der ganzen Physik zu sein scheint und alle Werke der Kunst und Natur in ihr nahezu enthalten sind, so ist es kein Wunder, wenn ihre Vernachlässigung seit so langer Zeit die Fortschritte der Physik fast verhindert hat. Obgleich aber die Wissenschaft von der Bewegung in unserm Zeitalter von Gassendi und andern berühmten Männern, welche die Physik mit der Mathematik verbanden, wiederhergestellt und ausgebaut worden ist, so haben diese jene Wissenschaft doch so eng mit geometrischen Beweisen ver-

Lehrer, der in Marburg und Rinteln eine Reihe physikalischer Disputationen angeregt und herausgegeben hat, und ein Mann, der die Werke von BACON und DESCARTES, von GASSENDI und BOYLE gelesen und in Utrecht, Gröningen und Franeker den

---

bunden, dafs sie denjenigen, welche in diesen Disziplinen nicht unterrichtet sind, den Zugang fast ganz verschlossen haben. Er wolle daher die Physik physikalisch behandeln und von der Bewegung nicht in abstrakter, sondern in konkreter Weise reden (p. 33). Das geschieht denn auch in überraschender Art.

Die natürliche Bewegung ist im Anfang langsamer, am Ende schneller, nicht wegen der Ursache der Bewegung, sondern wegen des Mittels, das im Anfang widersteht, am Ende nachgibt (obedit) (p. 37)! Licht ist keine Substanz, kann aber ohne das Subjekt einer sehr feinen Materie kaum gedacht werden. Wegen ihrer Schnelligkeit wird seine Bewegung momentan genannt, dafs sie aber in der Zeit stattfindet, lehrt die Dämmerung (p. 46)! Elemente nimmt man gewöhnlich vier an; MAY spricht sich möglichst unbestimmt über dieselben aus und sucht die cartesischen mit den aristotelischen in Übereinstimmung zu bringen. Die Erde ist das dichteste und schwerste Element, ruht in der Mitte der Welt und wird in vier Teile, Europa, Asien, Afrika und Amerika geteilt (p. 55)! Die Beweise für oder gegen die Bewegung heben sich auf, also entscheidet die Bibel für die Ruhe (p. 57).

Die Eigenschaften der Elemente werden in erste (Wärme, Kälte, Trockenheit, Feuchtigkeit) und zweite in scholastischer Weise eingeteilt, aber hinzugefügt, dafs die Erklärung der Neueren aus den Atomen jene Erklärungen nicht aufhebe, sondern illustriere. Nun werden einige korpuskulare Erklärungen so unbestimmt als möglich vorgetragen, auch die innere, unmerkbare Bewegung der Teilchen in den Körpern unter Berufung auf BOYLE gelehrt und darauf hingewiesen, dafs man glaube, auch die Elasticität beruhe hierauf. Da aber auch die gröfseren Bewegungen der Natur von der Elasticität abhängen, so dürfte diese auf einem innern Prinzip, dafs man nun substanziale Form oder anders nennen möge, beruhen, wodurch sich der frühere Zustand wiederherstellt.

Die Prinzipien der zusammengesetzten (mixta) Körper sind 1. *Remota:* Die Elemente; 2. *Propinqua:* Die chemischen Prinzipien *Sal, Sulfur, Mercurius*; 3. *Proxima:* Die Keime oder Minima jeder besondern Spezies. Die chemischen Prinzipien sind meist aus mechanischen zu erklären (p. 64). Hier herrscht der Einflufs von BOYLE vor. Weiter aber wird wieder mit blofsen Worterklärungen von Eigenschaften operiert.

Effluvien sind kleine und feine natürliche Körperchen aus den Elementen, meistens Wasser und Erde, jedoch auch aus zusammengesetzten Körpern, durch Kraft der Sterne und Gunst der Wärme ausgezogen und in die Höhe geführt; sie sind entweder einfache, wie die Atome, oder zusammengesetzte, wie Rauch und Dunst. Es gibt *materialia* und *spiritalia*, die wie die sichtbaren Spezies, die Bilder der Farben, die Influenzen der Himmelskörper den Menschen infi-

reinen Cartesianismus kennen gelernt hatte.[1] Trotzdem vermochte er ein Jahr nach dem Erscheinen von NEWTONS Prinzipien ein Buch zu schreiben, das eine unglaubliche Konfusion der Begriffe enthielt. Nicht daſs er scholastische Neigungen hatte, darf uns wundern; denn die scholastische Physik hielt sich ja noch viel länger auf den Schulen; aber daſs er der Atomistik so viel Neigung entgegenbrachte, und doch so wenig die Bedeutung erkannte, welche derselben gegenüber der scholastischen Begriffseinteilung zukam; und daſs er keinen Anstand nahm, die sich thatsächlich widersprechendsten Annahmen in bester Meinung nebeneinander zu stellen.

E. Unfähigkeit der Hypothese und Abneigung gegen dieselbe.

Eine Gefahr, die im Wesen der Korpuskulartheorie lag, nämlich das popularisierende Element derselben, sehen wir in obigen Beispielen zu ihrem Verfall aufs deutlichste beitragen. Die scheinbare Anschaulichkeit, welche die Erklärung der Erscheinungen erhielt, indem man die Wirkungen der besonders gestalteten Korpuskeln beschrieb, verleitete dazu, daſs man glaubte, wirklich eine Erklärung geliefert zu haben. Die oberflächliche Naturbetrachtung begnügte sich mit diesen Schilderungen, welche doch höchstens den Wert von Erläuterungen hatten und ebensogut anders gegeben werden konnten. Um zu einer wirklichen Erklärung zu gelangen, welche sich nicht

---

zieren, ohne sinnlich wahrnehmbar zu sein, sondern nur durch ihre Wirkung. Auch die härtesten Körper exhalieren (p. 67, 68).

Die Bestandteile sind in der Mischung *actu* nach ihrer Entität, aber *potentia*, wenn man sie physisch, d. h. nach ihren sinnlichen Eigenschaften betrachtet. Jeder Bestandteil ist in kleinster Portion in jedem Teile der Verbindung.

Eine unregelmäſsige Verbindung (mixtio) gibt es zwar in der Natur, sie wird aber nicht von ihr gebilligt. Da die Bestandteile in der Mischung sich passiv verhalten, so bedürfen sie eines *rector*, d. h. einer spezifischen Form, welche sie lenkt, ordnet und disponiert. Vollkommen sind die Mischungen, welche nicht leicht in ihre ursprünglichen Bestandteile zurückkehren (p. 85). Bei der *generatio* entsteht zwar eine neue Form, aber die Ansicht der Epikureer ist auch nicht schlechtweg zu verwerfen (p. 87).

[1] A. a. O. Praef.

als eine blofs mögliche, sondern als eine notwendige, aus mathematischen Gesetzen folgende erwies und durch den Versuch bestätigt werden konnte, fehlte es an zweierlei; an Prinzipien der Mechanik, welche die Wechselwirkung der Korpuskeln bestimmten, und an der mathematischen Analyse, welche dieselben zu behandeln gestattete. Erstere schuf Huygens, letztere Leibniz; aber sie konnten eben nur die Grundlagen geben, deren Verständnis und Ausbau erst einer späteren Zeit vorbehalten war. Ohne jene Prinzipien und ohne die mathematische Technik blieb die Korpuskulartheorie ohnmächtig; die erkenntniskritisch wertvolle Behandlung des Körperproblems konnte keine physikalischen Früchte bringen. Selbst Huygens vermochte noch ein Jahrhundert lang nicht durchzudringen. Im 17. Jahrhundert aber war, abgesehen von den hervorragenden Geistern, welche die Wissenschaft schufen, die mathematische Bildung noch eine viel zu geringe, als dafs die Korpuskulartheorie auf Verständnis und Förderung von der Seite, auf welcher allein ihr wissenschaftlicher Wert lag, hätte rechnen können. Man hielt sich daher an das „Konkrete." Man versah die Korpuskeln mit Häkchen und Schräubchen und machte alles möglichst sinnlich und anschaulich, um doch etwas für die Vorstellung zu haben, da mit den substanziellen Formen zur Erklärung der einzelnen Erscheinungen nichts anzufangen war. Thatsächlich aber sank damit die Korpuskulartheorie auf eine Stufe, welche sie ebenso unfähig zur kausalen Erklärung der einzelnen Erscheinung machte wie die aristotelische Physik. Denn auch ihr fehlte die mathematische Begründung, es fehlte die Möglichkeit, die Vervollkommnung der theoretischen Mechanik auf die Mechanik der Atome zu übertragen. Die Wirkung im Einzelnen blieb daher immer unbestimmt. Es liefs sich zwar sagen, dafs die spitzen oder scharfen Korpuskeln so oder so wirken müfsten, aber wenn jemand behauptete, es müfste gerade umgekehrt sein, so konnte man auch nichts dagegen beweisen.

In diesem Gefühle macht sich Johann I. Bernoulli (1667—1748) in seiner Jugendarbeit von der Effervescenz und Fermentation [1]

[1] *Dissertatio de Effervescentia et fermentatione Nova Hypothesi fundata*, quam publice discutiendam exhibuit Joannes Bernoulli, Basil. auctor. D. 19. Sept. Ann. 1690. In *Opera omnia*, Lausannae et Genevae 1742. T. I p. 1—44.

über die zahllosen Hypothesen der Physiker und Chemiker lustig, welche meistens nur darin übereinstimmten, daſs sie dunkel, konfus und unverständlich genug seien, um die auf ihnen errichteten Schlüsse als eine Chimäre erscheinen zu lassen.[1] Trotzdem läſst er sich nicht abhalten, selbst eine neue korpuskulare Theorie jener Erscheinungen hinzuzufügen, die eine der reichsten Quellen der Hypothesenbildungen waren. Man verstand darunter diejenigen chemischen Prozesse, bei denen sich Gase, meist unter Blasenbildung, entwickeln. BERNOULLI hält Effervescenz und Gärung für nur dem Grade nach verschieden; sie entstehen bei der Mischung zweier flüssigen, eines



Fig. 14.

Particula corporis agentis infixa in particulam corporis patientis.



Fig. 15.

Particula corporis patientis diffracta a particula corporis agentis.

festen und eines flüssigen oder zweier festen Körper;[2] von letzterer Art sei jedoch bisher nur ein Beispiel bekannt, nämlich die von TH. BARTHOLINUS entdeckte Wirkung von pulverisiertem Antimon und Quecksilbersublimat.[3] BERNOULLI nimmt an, daſs alle Körper in ihren kleinsten Teilchen Luft in zusammengedrücktem Zustande eingeschlossen enthalten, sowie daſs die Luft sehr elastisch sei und beim Freiwerden sich mit Gewalt ausdehne. Zur Effervescenz gehören nun zwei Körper, ein *agens*, welches der Säure, und ein *patiens*, welches dem Alkali der Chemiker entspricht. Das Agens besteht aus regulären Tetraedern, das Patiens aus (vermutlich vierseitigen) Pyramiden, die mit ihren Basen aneinander stoſsen. Abbildungen (s. Fig. 14, 15)

[1] A. a. O. Praef. p. 4. — [2] A. a. O. p. 8, 9. — [3] A. a. O. p. 29.

erläutern die Wirkung der Korpuskeln, welche darin besteht, daſs die Teilchen des Agens sich in die Ausbuchtungen der Partikeln des Patiens klemmen und sie auseinander sprengen, wodurch die Luft frei wird.[1] BERNOULLI sucht seiner Theorie einen Anschein von Berechtigung zu geben, indem er die für die Korpuskeln angenommene Gestalt als die einzig mögliche nachzuweisen sucht. Die Teilchen des Agens müssen nämlich wegen der gleichmäſsigen Wirkung nach allen Seiten regelmäſsig, wegen ihrer spaltenden Wirkung aber an den Kanten scharf sein, eine Bedingung, der nur die regulären Tetraeder genügen. Die Erfüllung der Teilchen aller Körper mit komprimierter Luft benutzt er zu einer allgemeinen Erklärung der Elasticität der Körper. Denn die mit Luft gefüllten Korpuskeln wirken wie elastische Blasen; wenn sie beim Anprall der Körper teilweise platzen, so entweicht die Luft, und der Körper kann nicht mit voller Kraft zurückspringen; letzteres ist bei den nicht vollkommen elastischen Körpern der Fall.[2] Woher die Elasticität der Luft stammt, ist dann eine andre Frage, auf die BERNOULLI hier nicht eingeht.

So urteilt ein Mann vom Scharfsinne BERNOULLIS,[3] der sich der Willkür der korpuskularen Hypothesen voll bewuſst ist, und dessen Abhandlung im übrigen für die Geschichte der Physik und Chemie wertvolle Entdeckungen über die Bildung und Natur der Gase enthält. Aber die Lust an der korpuskularen Hypothese hat sich einmal der Wissenschaft bemächtigt und herrscht noch weit in das 18. Jahrhundert hinein. Jede neu entdeckte Erscheinung gibt sogleich einen lebhaft ergriffenen Anlaſs zu einer Reihe neuer Hypothesen; und alles wird als leicht erklärlich angesehen. Ein sehr lehrreiches Beispiel liefern u. a. die Untersuchungen über die sogenannten leuchtenden Barometer, welche sofort eine Flut von Litteratur hervorriefen, in denen es von Hypothesen wimmelt.[4] Wir müssen darauf verzichten, auf weitere Einzelheiten einzugehen.

---

[1] A. a. O. p. 14. — [2] A. a. O. p. 25.

[3] Über BERNOULLIS spätere Theorie s. II S. 434 f.

[4] S. GÜNTHER, *Das leuchtende Barometer, eine Episode aus der Atomistik und der Naturphilosophie des 18. Jahrhunderts. Zeitschr. Kosmos*, III Jahrg. H. 10. S. 278 ff.

Im Gegensatz zu allen diesen Hypothesenbildungen, daher auch ein Gegner DESCARTES', steht als Vertreter einer rein empirischen Experimentalphysik der hochverdiente Physiker EDME MARIOTTE[1] († 1684). Er beschränkt sich durchaus auf die Beschreibung der durch die Versuche festgestellten Thatsachen, und wenn er einmal, wie in der Abhandlung über die Vegetation der Pflanzen,[2] einige theoretische Annahmen nicht umgehen kann, bedient er sich der ziemlich unbestimmten Ausdrücke der Chemiker. Freilich kann er nicht ganz die korpuskularen[3] Vorstellungen vermeiden, er muſs von Teilchen der Luft, des Wassers u. s. w. sprechen, aber er legt ihnen keinen erklärenden Wert bei. Alle metaphysischen Ableitungen erscheinen ihm unsicher; in seiner Logik[4] setzt er gewisse empirische Prinzipien, Maximen oder natürliche Regeln als nicht weiter ableitbar voraus.[5] Besonders aber erklärt er sich gegen das vorzeitige Theoretisieren. Unter den sechs Hauptursachen, die er für die geringen bisherigen Fortschritte der Naturforschung anführt, nennt er als fünfte die Sucht vieler Philosophen, von allem Gründe angeben zu wollen, so daſs sie ohne genügende Beobachtungen ihre Hypothesen willkürlich auf das Erste bauen, was sie bemerken, weshalb diese denn meistens unzureichend seien.[6]

Es ist verständlich, daſs die bedeutenden Geister, welche einen tieferen Einblick in die Bedingungen der Naturerkenntnis und zugleich das Interesse für die Aufdeckung der Thatsachen besaſsen, jenem Miſsbrauch der Korpuskularhypothese abweisend gegenüberstanden. HUYGENS und NEWTON empfanden es ebenso wie MARIOTTE als ungehörig, daſs man so schnell bereit war, für jede Erscheinung sofort eine Erklärung bei der Hand zu haben. In diesem Sinne äuſsert sich HUYGENS abweisend gegen

[1] *Oeuvres* de Mr. MARIOTTE, de l'Académie Royale des Sciences; divisées en deux tomes. A. Leide 1717.

[2] Zuerst Paris 1676. *Oeuvres* p. 121 ff.

[3] Vgl. seine Äuſserungen über die Gestalt und Bewegung der Queck silberteilchen, in *Traité du mouvement des eaux*, 1. partie, 1. Discours. *Oeuvr.* p. 332.

[4] *Essai de Logique*, *Oeuvres* II p. 609 ff.

[5] A. a. O. p. 656.

[6] A. a. O. p. 659.

seinen Freund TSCHIRNHAUS in Bezug auf dessen *Medicina mentis*.[1] Bei NEWTON ging diese Abneigung so weit, dafs er sich überhaupt gegen jede Hypothesenbildung erklärte und nur die mathematische Beschreibung der beobachteten Erscheinungen unter Ablehnung jeder zusammenfassenden Theorie der Materie bezweckte. Der Mifsbrauch der Korpuskulartheorie erklärt diese Reaktion gegen die Hypothese überhaupt. Ihre innere Berechtigung lag in der Unmöglichkeit, mit der vorhandenen Korpuskulartheorie weiterzukommen. Für den Weg, welchen HUYGENS einschlug, war die mathematische Vorbedingung noch nicht vorhanden, und ohne diese vermochte man die Wechselwirkung der Atome nicht zu bewältigen. NEWTONS anziehende Kraft aber erschloss, wenn einmal das erste Bedenken überwunden war, auch der populären Darstellung der Atomistik ein neues Feld; das Anziehen und Abstofsen der Atome liefs sich anthropomorphistisch deuten, die alten Vorstellungen von Liebe und Hafs bekamen ein modernes Gewand, und so konnte in dem neuen Kleide die Korpuskulartheorie einen neuen Siegeszug antreten. Das mechanische Feld aber ist damit verlassen, und mit der dynamischen Theorie zieht zugleich die metaphysische Deutung ein.

---

[1] Brief vom 10. März 1687 in *Ad Spinozae Opera supplementum* ed. VAN VLOTEN, Amstel. 1862 p. 337. „Ich wundere mich über Dein Vertrauen auf Deine Methode, dafs Du versprichst, es werde in der Physik nichts Unzugängliches und Unerforschtes geben .... wo ich noch die höchsten Schwierigkeiten finde, die nur werden überwunden werden können, wenn man vom Experiment beginnt und dann Hypothesen hinzunimmt .... Aber immer bleibt noch sehr grofse Arbeit übrig, und dazu gehört nicht blofs ausgezeichneter Scharfsinn, sondern oft auch ein wenig Glück.“

Fünfter Abschnitt.

Beseelte Körper und ausgedehnte Geister.

Im Gegensatz nicht blofs zu den substanziellen Formen des Aristoteles, sondern auch zu dem mit platonischen Elementen durchsetzten Hylozoismus und Vitalismus hatte sich die kinetische Theorie der Materie entwickelt, um mathematische Naturerkenntnis an Stelle anthropomorphistischer Spekulationen zu setzen. Aber diese Richtungen waren nicht ausgestorben, wenn auch durch die Erfolge von Galilei, Descartes, Gassendi und Hobbes zurückgedrängt. Sie traten aufs neue und immer siegreicher hervor, je mehr die Korpuskulartheorie sich unfähig erwies, in der Gestalt, in welcher sie vorlag, die mathematische Naturerklärung thatsächlich durchzuführen. Das belebende Prinzip der Materie, der Archäus des Paracelsus, erhält sich besonders in der Naturauffassung der Chemiker und führt, wie man an beiden Helmonts sieht, leicht zum Mystizismus.

Dieses belebende Prinzip verbindet Marcus Marci von Kronland (1595—1667) mit der aristotelischen Form und macht es als bildende Idee (idea operatrix, formatrix) zur wirkenden Kraft in der Natur. Diese bildende Idee ist eigentliche Wesenheit, die sich selbst vollendet und nichts aufser sich hat. Mit Ausnahme der rationalen Seele entstehen keinerlei neue Formen. Nur in dieser Hinsicht berührt sich die Theorie des Marci mit der Atomistik, weshalb er sich auf Demokrit und Anaxagoras glaubt berufen zu können; im übrigen hat sie mit der Atomistik nichts gemein. Zwar gebraucht Marci das Wort Atom unbedenklich,[1] um damit kleine Stoffteilchen zu bezeichnen, aber er erklärt sich gegen das Vacuum[2] und weist die Erklärungen au[s] den Gestalten der Atome Digby[3] und Gassendi[4] gegenüber ab

[1] Johannis Marci Marci a Kronland *Philosophia vetus restituta partib[us] V comprehensa.* Denuo recusa. Francof. et Lipsiae 1667. (1. Ausgabe Prag 166[?] p. 166.

[2] A. a. O. p. 210 ff. — [3] A. a. O. p. 517 ff. — [4] A. a. O. p. 530.

eine ganze Lehre steht im Gegensatze zur mechanischen Theorie
ad fafst die Naturentwickelung als eine auf inneren Vor-
ellungskräften beruhende Metamorphose auf,[1] welche wissen-
haftliche Naturerkenntnis trotz der entgegengesetzten Absicht
es Verfassers ausschliefst.

Die stärkste und entschiedenste Gegnerschaft fand die
echanische Naturauffassung in England, wo der Orthodoxismus
nit der Gedankenwelt der Forscher aufs innigste verwachsen
var und daher theologische Motive am lebhaftesten wirkten.
ene Neigung zur Induktion und zum Empirismus, die sich in
Bacons und Lockes Philosophie ausspricht und das englische
Denken vorzugsweise beherrscht, wurde gerade unter dem Ein-
usse orthodoxer Gesinnung eine Gefahr für die selbständige
usbildung der Auffassung der Körperwelt als eines Mecha-
ismus. Denn wer die Quelle der Erkenntnis und die Ent-
cheidung über die Wahrheit einer Theorie in der sinnlichen
rfahrung suchte, der konnte dem Materialismus nicht entfliehen,
enn er dem Mechanismus recht gab. Nur derjenige, welcher
ie Möglichkeit der Erkenntnis und die Gesetzlichkeit der
atur auf das Wesen des Begriffs gründet, weil dieser allein
llgemeingiltigkeit zu bieten vermag, nur der erkennt, dafs
er Mechanismus der Natur eine notwendige Bedingung ihrer
öglichkeit ist, und dafs jede Einmischung eines aus dem Leben
er Triebe, des Bewufstseins oder des Willens entlehnten Prin-
ps die Möglichkeit des Naturerkennens aufhebt und den Tod
er Naturphilosophie, d. h. der mathematischen Naturwissen-
haft bedeutet. Hier kann der Mechanismus niemals in
aterialismus umschlagen, weil die Sinnenwelt ihre gesetzliche
inheit erst im Begriffe erhält. Für den dogmatischen Sensua-
smus und Empirismus aber stellt die mechanische Naturauf-
ssung die Welt dar, wie sie an sich ist, und es bleibt kein
aum für das Leben des Geistes. Ist nun das theologische
otiv so mächtig, dafs der Materialismus als die furchtbarste
efahr erscheint, so mufs alles aufgeboten werden, um in der
örperwelt das rein mechanische Geschehen als unzureichend

[1] Vgl. G. E. Guhrauer, *Marcus Marci und seine philosophischen Schriften. itschr. f. Philosophie u. phil. Kritik*, herausg. v. Fichte etc. Neue Folge XI, Halle 1852, S. 241 ff.

zu erweisen und eine geistige Welt als die tiefer liegende Realität in das Naturgeschehen hineinzudeuten. Deshalb sehen wir von England die stärkste Reaktion gegen den Mechanismus ausgehen und schliefslich durch das Genie Newtons zum Siege gelangen.

Theologische Motive sind es, weshalb Samuel Parker († 1688) die atomistische Physik bekämpft und Ralph Cudworth (1617—1688) in seinem umfangreichen *Intellektualsystem* auf platonischen Grundlagen alle mechanische Naturerklärung als atheistisch bekämpft.[1] Er will nicht nur die Zweckursachen wieder in die Physik eingeführt wissen, sondern die Welt als von göttlichen Kräften getragen und die Materie von bildenden Thätigkeiten belebt ansehen, welche als plastische Naturen (vis plastica) die Wirkungen Gottes vermitteln und die Veränderungen der Dinge leiten.

Diese mystischen, aus der Naturphilosophie des 15. Jahrhunderts stammenden Einflüsse kommen nicht weniger in dem Hylozoismus bedeutender Ärzte zur Geltung und werden hier um so gefährlicher, als sie die unklare Vorstellung von der Allbelebung der Materie mit der Korpuskulartheorie verbinden und dadurch die Wirkungsweise lebender Wesen und dynamischer Kräfte konfundieren. Hier ist der zur chemiatrischen Schule des Sylvius gehörende, schon bei der Besprechung von Leibniz erwähnte (s. II S. 461) als Arzt hochverdiente Thomas Willis (1621/22—1675) zu nennen, welcher an Stelle des chemischen Prinzips *Mercurius* den *Spiritus* als aktives Element setzt.[2] Die Materie ist ihm zufolge nicht passiv, sondern die Atome besitzen aktive Eigenbewegung, durch welche sie sich Poren und Gänge verschaffen und von einem Subjekt ins andre wandern.[3]

Einen vollständigen Hylozoismus hat Francis Glisson (1597—1677) durch die Annahme seiner energetischen

---

[1] Rudolphi Cudworthi *Systema intellectuale hujus universi* etc., quibus omnis eorum philosophia, qui deum esse negant, funditus evertitur. Lat. vertit, recensuit etc. Jo. Laur. Moshemius. Lugd. Bat. 1773. Die 1. Ausg. erschien unter d. Titel: *The true intellectual system of the universe* etc. London 1678.

[2] Häser, *Gesch. d. Med.* II S. 382.

[3] Jules Soury, *Über die hylozoistischen Ansichten der neueren Philosophen. Zeitschr. „Kosmos“*, 5. Jahrg. 1881. S. 244.

Natur der Substanz ausgebildet.[1] Er will beweisen, dafs die Substanz Empfindung, Streben und Bewegung, mit einem Worte, Leben besitzt. Die *materia prima* ist sich der ihr fehlenden Fähigkeiten bewufst und erstrebt daher die zu ihrer Ergänzung notwendige Form.[2] Sie ist jedoch nicht das Prinzip der Veränderung, weil sie die ihr zugehörige Form nicht abwerfen kann. Hierzu gehört die *materia secunda*, welche das Prinzip der Korruption in sich enthält und dadurch die Ursache der Veränderung wird; diese ist eine äufsere, ein Streben nach Assimilation und Übertragung der eigenen Eigenschaft, und eine innere, eine Unfähigkeit, der Veränderung zu widerstehen.[3] Die Materie, welche die Form einschliefst, ist erst die vollkommene Substanz, der physische Körper im allgemeinen.[4] Diese Substanzen nun besitzen energetische Natur, d. h. sie leben.[5] Die Natur der Substanz selbst ist das innere Bewegungsprinzip, und das sich Bewegende ist sich seiner Bewegung bewufst. Die Substanzen können sich aber auch durchdringen. Denn die Undurchdringlichkeit ist nur die Folge der aktualen Quantität, wodurch sich die Substanzen voneinander ausschliefsen. Die Quantität aber ist veränderlich. Warum also sollte nicht eine materielle Substanz eine andre Substanz unter Veränderung der Quantität und Annahme einer beiden gemeinsamen durchdringen? Nur die Masse der Materie hindert die Durchdringung, aber auch nicht einmal diese, wenn nicht eine so grofse Menge Materie in so enge Schranken zusammengedrängt ist, dafs die Dichtigkeit der Materie selbst ein weiteres Eintreten zurückweist.[6] Man braucht demnach vor dem Namen Durchdringung nicht so zurückzuschrecken. Jedenfalls ist es des Philosophen würdiger, eine Durchdringung als ein Vacuum anzunehmen. Die chemische Verbindung, die Ernährung, die Transspiration und zahlreiche andre Erfahrungen beweisen die Thatsächlichkeit der Durchdringung. Es gibt eine spontane Ausdehnung und Zusammenziehung der Materie. Da-

---

[1] *Tractatus de Natura Substantiae energetica, seu de vita naturae ejusque tribus primis facultatibus, I Perceptiva, II Appetitiva, et III Motiva, naturalibus:* etc. Authore FRANCISCO GLISSONIO. Londini 1672. — Besprochen in *Philos. Transact. Lond.* 1672, p. 5076. Über GLISSON vgl. auch SOURY, a. a. O. S. 245 f.
[2] *Tract.* etc. p. 90, 91. — [3] A. a. O. p. 115, 116. — [4] A. a. 0. p. 120.
[5] A. a. O. p. 190, 217. — [6] A. a. O. p. 406, 407.

durch wird jedoch nur das Volumen (quantitas) der Materie, nicht aber ihre Menge (copia) geändert; letztere kann nur durch die Bewegung der Einigung oder Teilung, d. h. durch das Hinzutreten oder Abreifsen von Teilen geschehen.[1]

Bei dieser Auffassung der Verdichtung und Verdünnung, welche wohl zweifellos unter dem Einflusse DIGBYS steht, bedarf GLISSON keiner Atome. Er erklärt sich daher ebenso wie gegen das Vacuum auch gegen die Atome, deren Textur und Aneinanderlagerung keineswegs zur Erklärung der Erscheinungen genüge.[2] Aufserdem würde hierbei die Frage nach der Bewegung eine offene bleiben. Nach GLISSON hat vielmehr jedes Teilchen der Materie eine innere bewegende Kraft, und da es zugleich Perception und Trieb besitzt, so wird damit die mechanische Naturerklärung hinfällig. Freilich ist nicht einzusehen, wie aus jenen hylozoistischen Prinzipien eine Erkenntnis der Natur möglich sein soll.

Das energetische Prinzip, welches GLISSON in die Teile der Materie legt, streift schon nahe an die Vorstellung der dynamischen Punkte, welche sich ausdehnen, zusammenziehen und mit ihren Sphären durchdringen. Es liegt hier der Versuch vor, durch eine passende Zusammenarbeitung der aristotelischen Formen mit dem Archäus der Chemiker eine auf physiologische Erfahrungen gestützte Theorie der Natur zu erhalten, welche der mechanischen Naturwissenschaft entgegentritt. Aber gerade die Willkür, welche in der Beseelung der Teile liegt und es zu keiner bestimmbaren Naturgesetzlichkeit kommen läfst, machte diese Theorie dem Mathematiker und Physiker kaum annehmbar und daher der kinetischen Theorie weniger gefährlich. Bedenklicher in dieser Hinsicht war die Lehre HENRY MORES (1614—1687), weil sie sich mit der kinetischen Theorie viel enger berührte, den Körperteilchen volle Undurchdringlichkeit und Unveränderlichkeit liefs und, ohne die Aufhebung der mechanischen Bewegungsgesetze zu fordern, nur dem Prinzip der Bewegung in der spirituellen Erfüllung des Raumes eine metaphysische Deutung lieh.

MORE ist ein grofser Verehrer DESCARTES' und vieler seiner physikalischen Lehren, insbesondere schliefst er sich an die

[1] A. a. O. p. 435. — [2] A. a. O. p. 463 ff.

rtesische Korpuskulartheorie ausdrücklich an;[1] aber er kann ch mit der Begründung derselben nicht begnügen.

Seiner Überzeugung nach ist das Wesen der Ausgedehntheit cht mit dem Körperlichen erschöpft und die Ursache der eränderungen in der Natur aus dem mechanischen Stoſs allein cht erklärbar.[2] Gott erschiene ihm sonst aus der Welt ausschlossen, welche ganz und gar von Körpern erfüllt ist. aher versucht er das Verhältnis der Ausdehnung zur körperchen und geistigen Substanz anders zu bestimmen.[3]

Der Körper ist nach More eine materielle Substanz, welche ler Empfindung, alles Lebens und aller selbständigen Beegung völlig bar, nur durch fremde Kraft vereinigt werden nd zum Anteil an Leben und Bewegung gelangen kann.[4] iese materielle Substanz besteht ganz wie bei Descartes aus ner Anhäufung starrer Partikeln von verschiedener Gestalt, elche dem Stoffe nach gleichartig sind. Die Teilung der aterie ist nämlich aktuell soweit vollzogen, als dies überhaupt physischer Hinsicht stattfinden kann. Die letzten Teile betzen allerdings noch eine gewisse Ausdehnung, aber die gentlich physische Gröſse und damit ihre physische Teilbareit ist aufgehoben. Sie heiſsen daher physische Einheiten, *onades physicae.* Ob sie bei ihrer unendlichen Kleinheit rund nd oder überhaupt eine bestimmte Gestalt besitzen, bleibt ahingestellt; jedenfalls sind alle Körper aus ihnen zusammenesetzt. Sie können sich weder durchdringen, noch durch ihre gene Beschaffenheit zusammenhängen; sie berühren sich, sind doch *actu* frei, sie können sich bewegen, sind aber von selbst nbewegt.[5]

Die Bewegung der Materie rührt allein von der geistigen ubstanz, dem „hylarchischen Prinzip" oder dem *Spiritus naturae* er. Diese Substanz wird durch die Prädikate bestimmt, welche

[1] *Opera omnia* ed. Joh. Cockshut. Londini 1679. T. I p. 342.

[2] S. d. Briefe Mores an Descartes, *Oeuvr.* de Descartes X, p. 178 ff.

[3] *Enchiridium metaphysicum.* *Op.* I p. 131 ff. Dasselbe erschien zuerst ond. 1674. — Vgl. Brucker, IV p. 442. Sturm, *Phys. elect.* I p. 44. Insbendere Robert Zimmermann, *Henry More u. d. vierte Dimension des Raumes, Viener Sitzungsber., hist.-phil. Kl.* 1881, Bd. 98, S. 403 ff.

[4] *Enchir. met.* c. 28 § 2, *Op.* I p. 317.

[5] *Enchir. met.* c. 9, *Op.* I p. 173, 174.

denjenigen des Körpers genau entgegengesetzt sind; sie ist immateriell, besitzt Leben und ist mit der Fähigkeit begabt, sich von innen heraus zu bewegen.[1] Des Denkens ist sie nicht fähig, sondern sie ist nur belebt (vitalis), d. h. ein mit plastischem Vermögen begabter *Spiritus*, kraft dessen er die Materie nach gewissen allgemeinen Gesetzen ordnet, welche die göttliche Weisheit ihm *vitaliter et essentialiter*, jedoch nicht *intellectualiter* eingepflanzt hat.[2]

Demnach kommt die Ausdehnung nicht blofs dem Körper, sondern auch dem Spiritus zu, welcher eine immaterielle Ausdehnung des Raumes darstellt, die ebenfalls Realität besitzt. Die Wirkung dieses Spiritus auf die Körper ist dadurch ermöglicht, dafs beiden zwar die Ausdehnung gemeinsam ist, der Spiritus jedoch, oder vielmehr die Vielheit der Geister, nicht Undurchdringlichkeit besitzt. Die Geister erfreuen sich der Fähigkeit, ihren Umfang in einen gröfseren oder kleineren Raum zu verändern, sich auszudehnen oder zusammenzuziehen, ohne dafs sie hierbei an ihrer Essenz der Ausdehnung verlieren. Während die Dichtigkeit der Materie nur durch mechanische Ausscheidung oder Zufügung geändert werden kann, vermögen die Geister nicht nur spontan Gestalt und Lage, sondern auch ihr Volumen zu wechseln, ohne dabei etwas an ihrem ausgedehnten Wesen einzubüfsen, d. h. sie erhalten eine gröfsere Verdichtung oder Verdünnung. Sie können sich nicht nur gegenseitig, sondern auch die Körper selbst durchdringen. Daher vermag in demselben Raumteile an geistiger, immaterieller Substanz ein Mehr oder Minder vorhanden zu sein. Der von keinem Körper erfüllte Raum ist nicht leer, sondern mit Spiritus erfüllt, aber die Anwesenheit dieses ausgedehnten immateriellen Geistes hindert nicht die Aufnahme der materiellen Körper. Diese Eigenschaft der immateriellen Substanz, welche nicht dem Raume, sondern dem Inhalte desselben zukommt, nennt MORE die Wesensdichtigkeit (spissitudo essentiae) und bezeichnet sie auch als „vierte Dimension."[3] Hierbei ist jedoch nicht an den

[1] *Enchir. met.* c. 28. § 3. p. 318. — [2] *Op.* I p. 362.

[3] *Enchir. metaph.* I, c. 28. § 7. *Op.* I p. 320. . . . ita ut ubicunque vel plures vel plus essentiae in aliquo Ubi continetur quam quod amplitudinem hujus adaequat, ibi agnoscatur *quarta haec dimensio*, quam appello *spissitudinem essentialem*. — Die *Spiss. essent.* bezeichnet schon im Mittelalter die qualitative

modernen metageometrischen Begriff, sondern an eine hyperphysische Eigenschaft des Geistes zu denken.[1]

Die Kontraktion der Spiritus erinnert an die Veränderung, auf welche Digby und Glisson die Verdichtung der Materie zurückgeführt hatten. Aber während bei diesen die materielle Substanz selbst in gröfserem oder geringerem Grade an der Quantität teilnehmen konnte, bleibt sie bei More unveränderlich, und alles Geschehen fällt in die Thätigkeit der immateriellen Substanz oder des hylarchischen Prinzips. In diesem besitzt er nun neben der Körperwelt eine zweite ausgedehnte Welt, welche die Trägerin der Kräfte ist. Das hylarchische Prinzip bewegt lebendig die Körperteilchen nach Mafsgabe der für die Natur und die Organismen erspriefslichen Ordnung, es bewirkt ihren Druck und vermag ebensogut ihren Druck aufzuheben.[2] So wird dasselbe insbesondere als willkommenes Auskunftsmittel bei den hydrostatischen Problemen gebraucht, die nach More zu ihrer Erklärung dasselbe als unentbehrlich erfordern.[3]

Man sieht, dafs mit einem solchen Prinzip jede wissenschaftliche Erklärung aufgehoben wird; es ist das eigentliche *asylum ignorantiae*, in welches jede physikalisch unerklärbare Wirkung sich flüchten kann. Trotzdem bietet sich von hier ein Übergang zur mathematischen Naturwissenschaft, welcher jene Gefahr für die Physik aufhebt, für die Philosophie aber um so tötlicher macht. Das Band der Wechselwirkung nämlich zwischen den als lebenden Geistern lokalisierten Naturkräften ist der Raum. In ihm sind sowohl die Körper als die Geister, und durch seine Immaterialität ist er allen Geistern verwandt. Da nun der Raum zugleich ein einziger und unendlicher ist, so bietet er eine Vermittelung dar zwischen den einzelnen, endlichen und begrenzten Geistern, und dem einzigen und unendlichen Geiste, Gott.

Durchdringung der Körper, deren Annahme aus der stoischen Lehre von der Körperlichkeit der Qualitäten hervorging. Es mag hier nachgetragen werden, dafs die Lehre von dem alles durchdringenden Spiritus (πνεῦμα) ganz besonders durch die unter dem Namen des Aristoteles gehende Schrift stoischen Ursprungs „περὶ κόσμου“ befördert worden war. S. Prantl, *Die Keime der Alchemie bei den Alten, Deutsche Vierteljahrsschrift*, 1856, S. 147.

[1] Vgl. Zimmermann, a. a. O. S. 438 f. 445 f. u. a.

[2] *Ench. met.* c. 13, Schol. *Op.* I p. 222.

[3] A. a. O. c. 13, § 10. p. 214, 215.

Hier ist der Punkt, an welchem die sonst in Mystizismus sich verlierende Geistertheorie Mores in die Geschichte der mechanischen Naturwissenschaft und der Naturphilosophie umgestaltend eingriff, und zwar dadurch, dafs die Entdeckung der Fernwirkung der Gravitation dem zum Mystizismus und zur Theosophie prädisponierten Geiste Newtons eine mathematische und empirische Bestätigung dafür zu enthalten schien, dafs der immaterielle und unkörperliche Raum wirklich eine Substanz sei, erfüllt von der Gegenwart Gottes als eines unendlichen Geistes, und daher fähig, die materiell nicht begreifbare Fernwirkung durch eine immaterielle Vermittelung zu ersetzen. Die persönlichen Beziehungen Newtons zu der Lehre Mores, an denen es nicht gefehlt haben mag, können wir hier nicht verfolgen. Wir beschränken uns darauf, auf die innere Verwandtschaft der zugrunde liegenden Gedanken hinzuweisen.

Die Wechselwirkung der Korpuskeln war ohne die Huygensschen Prinzipien der Mechanik unverständlich und für den Mathematiker unzugänglich. Newton entdeckt ein allgemeines Gesetz der Bewegung, welches alle Teile der Materie in den Weltkörpern wie auf der Erde verbindet. Wo ist die Ursache dieser Bewegung zu suchen? In den Körpern selbst kann sie nicht liegen, denn es ist nicht zu begreifen, wie die Teile eines leblosen Stoffes sich gegenseitig beeinflussen und Bewegung mitteilen können; und könnte man selbst alle scheinbaren Anziehungen auf Stöfse von Ätheratomen zurückführen, so bedürften doch auch diese eines Gesetzes, d. h. eines hinter der Materie und über ihr liegenden Prinzips. Nun ist aber der unendliche, absolute Raum eine Realität. Wenn nach More der Raum zugleich die spirituelle, mit Selbstbewegung begabte und ausgedehnte Substanz ist, so liegt es nahe zu schliefsen, dafs er auch der Träger der Fernwirkung ist. Die Gravitation wirkt nicht proportional den Oberflächen, in denen sich doch blofs Körper berühren können, sondern proportional den Massen; das setzt eine Gemeinsamkeit der ganzen Körper in ihrer Wechselbeziehung voraus, wie sie nur Substanzen zukommen kann, die den ganzen Körper durchdringen. Ist nun der Raum von der lebendigen Weltseele erfüllt, welche den gesamten Stoff durchdringt, so wird es denkbar, dafs die An-

ziehung der Körper die Wirkung der sie durchdringenden, beweglichen Weltseele in dem selbst in absoluter Ruhe verharrenden Raume ist. Daſs sich die Körper so verhalten, als ob sie sich aus der Ferne anziehen, ist mathematisch erwiesen. Diese Thatsache kann nun umgekehrt dazu dienen, die Existenz Gottes als unendlichen Geistes zu beweisen. Dann freilich wird die Physik auf Metaphysik gegründet. Es fällt das Bedürfnis fort, nach den Prinzipien zu suchen, welche aus dem Begriffe des Körpers und der Bewegung die Gesetzlichkeit der Natur bestimmen. Das erkenntniskritische Interesse schwindet aus der Naturforschung und darf zunächst auf keine bewuſste Förderung hoffen; das mathematische allein waltet ob. Dies ist der Charakter der Physik des 18. Jahrhunderts, welchen NEWTON ihr aufgedrückt hat. Die naturwissenschaftliche Veranlassung, welche zu diesem merkwürdigen metaphysischen Ausgange führte, war das Problem der Schwere und die zu diesem Zwecke vorgenommene Ausbildung der Attraktionsvorstellung.

Sechster Abschnitt.

Die Attraktionshypothesen.

„Die Verschiedenheit der Meinungen über den Ursprung der Körperschwere, von denen bisher keine einzige durch Beweis bestätigt oder widerlegt werden konnte, ist ein gewichtiges Zeugnis für die in diesem Punkte herrschende menschliche Unwissenheit.“[1] Diese Worte PASCALS, welche in gewisser Hinsicht noch heute gelten können, weisen auf das Problem hin, dessen Unlösbarkeit für die Korpuskulartheorie verhängnisvoll wurde. Je genauer die Gesetze der Schwere erforscht wurden, um so schwieriger gestaltete sich ihre mechanische Erklärung, um so mehr glaubte man mit den Prinzipien einer kinetischen Mechanik nicht auszukommen und flüchtete zuletzt zur Kon-

[1] *Oeuvres de* BLAISE PASCAL. A la Haye 1779. T. 4. p. 390.

stituierung einer neuen Eigenschaft der Materie, zum Begriff einer konstanten Kraft und einer allgemeinen Attraktion.

Der Gedanke, dafs die Körper und ihre Teile sich gegenseitig anziehen, ist so alt, als die anthropomorphistische Weltanschauung des Hylozoismus, nach welcher die Dinge beseelt gedacht werden und mit Hafs und Liebe, Antipathie und Sympathie aufeinander wirken, Affektionen, die sich in der räumlichen Bewegung als Entfernung und Annäherung geltend machen. Wird der innere, nach Analogie des Willens gedachte Trieb als Ursache der Bewegung angesprochen, so redet man von einer Abstofsung und Anziehung. Die empirische Thatsache, welche zuerst Veranlassung gab, den Begriff der Anziehung als physikalischen Erklärungsgrund hervorzuheben, ist ohne Zweifel die magnetische Eigenschaft des Eisens. Die Geschichte der Attraktionsvorstellungen zeigt, dafs diese zunächst mit Rücksicht auf den Magnetismus physikalisches Leben gewinnen. Ihre grundlegende Bedeutung aber erhalten sie durch die Übertragung dieser Analogie auf die Himmelskörper. Sobald durch Coppernikus die Krystallschalen der Planetensphären durchbrochen waren und die Erde mit den Sternen frei im Raume schwebte, mufste man nach einem zusammenhaltenden Bande suchen, welches die Planeten an die Sonne fesselte. Jetzt erst, und zwar gleichzeitig mit dieser Frage der astronomischen Physik, trat auch das Problem der irdischen Schwere als ein gesondertes auf. So lange die Erde im Mittelpunkte des Universums als das Zentrum der gesamten Körperwelt ruhte, drängte die aristotelische Erklärung der Schwere aus den Grundeigenschaften der Elemente nach keiner mechanischen Lösung. Die Elemente haben einen natürlichen Ort und eine natürliche Bewegung nach demselben, und dieser Ort ist absolut, bestimmt durch die Lage zum ruhenden Weltzentrum, welches mit dem Mittelpunkt der Erde zusammenfällt. Die irdische Schwere ist daher zugleich die Weltschwere, und diese bedarf als elementare Qualität keiner Ableitung. Mit dem Herausrücken der Erde aus dem Weltzentrum fällt diese aristotelische Festsetzung, und es entsteht somit gleichzeitig mit der Frage nach dem kosmischen Bande der Planeten diejenige nach der Kraft, welche die Körper an die Erde fesselt. Es zeigt sich hier wie überall bei der Entwickelung neuer Ge-

danken der Einfluſs der Denkgewohnheit; man kann sich zunächst nicht ganz von der alten Vorstellungsweise befreien und sucht dieselbe auf die neuen Verhältnisse zu übertragen. Die Schwere erschien nach ARISTOTELES als eine Zugehörigkeit zum Orte; der Ort aber ist relativ geworden, beweglich im Raume. Man gibt dies zu, aber man versucht den Begriff der Schwere beizubehalten, sie wird jetzt eine Zugehörigkeit zum relativen Orte des Erdmittelpunkts. Damit ist jedoch eine neue Gedankenreihe eingeleitet. Der absolute Weltmittelpunkt hatte eine Ausnahmestellung; die Schwere auf ihn zu beziehen, forderte keinen besonderen Grund. Der relative Ort der Erde aber ist im Raume nicht mehr geometrisch ausgezeichnet, er ist mit allen übrigen Raumteilen gleichberechtigt. Was ihn vor andern hervorhebt, ist kein räumliches, sondern ein physikalisches Merkmal; er ist lediglich bezeichnet als diejenige Raumstelle, an welcher die irdischen Körper angehäuft sind. Daraus folgt notwendig, daſs nicht mehr die Beziehung zum Weltraum, sondern die Beziehung zu den Körpermassen das Bestimmende für die Richtung und Kraft der Schwere wird. Aber die vom Denkmittel der Substanzialität beherrschte Vorstellung bleibt bestehen, die Schwere wird als ein Accidens der körperlichen Substanz aufgefaſst. Galt sie sonst als die Qualität, welche die Vereinigung der schweren Körper um den Weltmittelpunkt bewirkt, so ist sie jetzt die Qualität, welche die Einheit der Körper um die verschiedenen relativen Zentren herstellt. Da die Planeten analog der Erde Weltkörper geworden sind, so sind sie auch Vereinigungszentren von Körpern, ihre Teile besitzen Schwere in Bezug auf sie selbst. Da aber die Planeten selbst wieder das Sonnensystem zusammensetzen, so gibt es auch eine Einheit dieses Systems, d. h. es gibt eine Eigenschaft der Zusammengehörigkeit der Weltkörper, welche ebenfalls Schwere ist, das Streben nach Vereinigung. Dieser Gedanke rührt nicht von NEWTON her, sondern er ist mit der coppernikanischen Weltauffassung zugleich entstanden. Aber freilich unterscheidet sich das NEWTONsche Gravitationsgesetz von jenen unbestimmten Vorstellungen über die Einheit der irdischen und kosmischen Schwere ebenso wie HUYGENS' Satz der Erhaltung der Kraft von den veranschaulichenden Stoſsvorstellungen der ersten Korpuskulartheoretiker;

NEWTON gab durch die mathematische Formel jenen gefühlsartigen Vermutungen den Wert und die Objektivität wissenschaftlicher Erkenntnis. Es ist jedoch ein Unterschied zwischen der Objektivierung der Stofsvorstellung durch HUYGENS und der Anziehungsvorstellung durch NEWTON, nämlich in der Art des subjektiven Vorgangs, des psychologischen Erlebnisses, welches objektiviert wurde: HUYGENS objektivierte eine Empfindung, NEWTON objektivierte ein Gefühl. In letzterem liegt ein Gegensatz zu den Mitteln und Aufgaben der Naturwissenschaft, auf welchen wir die unstillbare Opposition gegen den Begriff der Fernwirkung zurückführen möchten.

Während der Periode, welche die mechanische Naturwissenschaft zur Reife bringt, nähert sich auch die unbestimmte gefühlsmäfsige Vorstellung von der Schwere als einer inneren Einheit, einem Verwandtschaftsbande der Körper, immer mehr dem Begriffe eines in Gröfsenbeziehungen ausdrückbaren Gesetzes, und es entsteht dadurch jene Auffassung der Körper, die man im Gegensatz zur mechanischen eine dynamische genannt hat.[1]

[1] Man darf diesen Gebrauch des Wortes „dynamisch" nicht mit demjenigen verwechseln, wonach es der Gegensatz zu „phoronomisch" ist. Wir gebrauchen die Ausdrücke „Phoronomie" und „Dynamik" als Bezeichnungen für die Teile der „Mechanik" als der Lehre von der Bewegung, insofern sie im ersten Falle die Bewegung nur als räumlich-zeitliche Veränderung behandelt, im zweiten zugleich die intensive Gröfse der Energie in Betracht zieht; physikalisch drückt man dies so aus, dafs die Phoronomie nur mit den Einheiten von Raum und Zeit, die Dynamik auch mit derjenigen der Masse rechnet. In der Verbindung „Dynamische Naturauffassung" steht das Wort dynamisch im Gegensatz zu „kinetisch", wie wir lieber zur Vermeidung von Verwechselungen sagen, um dem Worte „mechanisch" seinen allgemeinen Sinn zu bewahren. Kinetische und dynamische Theorie sind daher die beiden Arten der mechanischen Naturauffassung, wie sie z. B. HUYGENS und NEWTON repräsentieren. Hier ist aber das Einteilungsprinzip ein andres als bei der Trennung der Mechanik in Phoronomie und Dynamik, so dafs keineswegs kinetisch und phoronomisch koordiniert sind. Die Kinetik in unsrem Sinne schliefst vielmehr den Begriff der Energie mit ein, und die kinetische und dynamische Theorie unterscheiden sich nur dadurch, dafs die letztere fernwirkende konstante Kräfte annimmt, die erstere nicht. Es wäre daher besser, um den von KANT sanktionierten Gegensatz von Phoronomie und Dynamik aufrecht zu erhalten, im Gegensatz zu kinetisch nicht von dynamischer Theorie zu sprechen, sondern dafür einen andren Terminus einzuführen. Hierzu würde sich der Ausdruck „akinetisch" eignen, weil in der That der charakteristische Gegen-

Anziehung oder Attraktion ist wie der ebenfalls zur Rüstkammer der dynamischen Vorstellungsweise gehörige Begriff des Conatus ein dem Gefühlsleben entnommener bildlicher Ausdruck, um die getrennten Teile eines Systems als unter dem Begriff der Wechselwirkung stehend zu bezeichnen, während eine räumliche Vermittelung zwischen denselben sinnlich nicht wahrnehmbar ist. Daher wird die Ursache des Magnetismus und der Schwere als Anziehung bezeichnet. Wir versuchen der Entwickelung des Begriffs an der Hand einiger litterarischen Hauptstellen zu folgen.

Schon Coppernikus betrachtet die Schwere als eine Eigenschaft, welche den Teilen jedes Himmelskörpers für sich zukommt, um ihre Vereinigung und Erhaltung an ihrem betreffenden Eigenzentrum zu bewirken. „Ich erachte," sagt er, „dafs die Schwere nichts andres ist, als ein gewisser natürlicher Trieb, welcher den Teilen von der göttlichen Vorsehung des Weltschöpfers eingepflanzt ist, damit sie sich in Form der Kugel vereinigend zu ihrer eigenen Einheit und Integrität sich zusammenschliefsen. Diese Affektion wohnt, wie man glauben mufs, auch der Sonne, dem Monde und den übrigen Wandelsternen inne, so dafs sie durch die Wirksamkeit derselben in derjenigen runden Gestalt, in welcher sie sich darstellen, verharren, obwohl sie nichtsdestoweniger in vielerlei Weise ihre Umläufe beschreiben." [1]

An diese Vorstellung von der Schwere als eines Triebs der Vereinigung der Teile zur Einheit des Ganzen, und zwar zur

---

satz der sog. dynamischen Theorie zur kinetischen darin besteht, dafs die erstere auch intensive Wirkung oder Energie ohne Ortsbewegung kennt, indem sie voraussetzt, dafs auch ruhende Materie durch ihr blofses Dasein auf räumlich davon getrennte Materie Wirkung auszuüben vermag.

[1] *De revolutionibus orbium coelestium.* Norimbergae 1543. L. I c. 9. p. 7. Pluribus ergo existentibus centris, de centro quoque mundi non temere quis dubitabit, an videlicet fuerit istud gravitatis terrenae, an aliud. Equidem existimo, gravitatem non aliud esse, quam appetentiam quandam naturalem partibus inditam a divina providentia opificis universorum, ut in unitatem integritatemque suam sese conferant in formam globi coëuntes. Quam affectionem credibile est etiam Soli, Lunae, caeterisque errantium fulgoribus inesse, ut ejus efficacia in ea qua se repraesentant rotunditate permaneant, quae nihilominus multis modis suos efficiunt circumitus. — In m. Abh. *Poggendorffs Ann.* CLIII S. 383 ist diese Stelle durch ein Versehen unter Keplers Namen geraten.

eigenen Kugel, klingen die Worte GILBERTS an, die wir bei Besprechung seiner Elementenlehre citierten.[1] Doch tritt bei ihm schon die direkte Abhängigkeit der Intensität dieses Strebens von der Masse der Materie, also die Beachtung des quantitativen Elements auf. Zwar gilt auch GILBERT der Zug der Schwere als eine Art inneren Triebes, der um so heftiger ist, je inniger die frühere Vereinigung der Teile war, aber es ist zu beachten, daſs er diesen Trieb nicht nur allen Teilen eines Weltkörpers in Bezug auf diesen als Ganzes zuschreibt, sondern nebenbei auch schon den Ausdruck *propensio corporis ad corpus* gebraucht, was auf eine Wechselwirkung der Körperteile untereinander hinweist. Daſs die Schwere bei dem Begründer der Lehre vom Magnetismus ganz mit diesem in Analogie gestellt wird, ist nicht überraschend. Diese magnetische Wechselwirkung erstreckt sich sogar bis an den Mond und ist vom Verhältnis der Massen von Erde und Mond abhängig.[2] Hierbei handelt es sich jedoch sowohl um Anziehung als Abstoſsung.

Wenn D'ESPAGNET[3] davon spricht, daſs es vielleicht mehrere Welten im Universum gibt, welche untereinander durch das mächtigste Band der Liebe und Notwendigkeit, gleichsam wie durch eine gewisse magnetische Eigenschaft, verbunden sind, so macht sich hier die bildliche Anschauungsweise der italienischen Naturphilosophie geltend, welche die später in dynamische Fassung gebrachte Vorstellung einer anziehenden Wirkung aller materiellen Teilchen aufeinander ohne Zweifel gefördert hat.

FRANCIS BACON scheint die Frage einer allgemeinen Attraktion in Erwägung gezogen zu haben, indem er einen Versuch vorschlägt, um zu entscheiden, ob die schweren Körper vermöge einer inneren Eigenschaft nach dem Mittelpunkte der Erde streben, oder ob sie von der körperlichen Masse der Erde selbst, wie von einer Anhäufung gleichgearteter Körper, angezogen und fortgerissen werden.[4] Er schlieſst ganz richtig, daſs in diesem Falle die Schwerkraft mit der Entfernung von der Erde abnehmen müsse, glaubt aber, daſs sie auch im Erd-

---

[1] S. I S. 320 Anm. 1. — [2] *De mundo* l. II c. 19. WHEWELL II S. 147.
[3] Vgl. I S. 337.
[4] *Nov. org.* L. II. art. 36. KIRCHMANNS Übersetzung S. 289.

nern zunehmen müsse. Das Letztere läſst es daher zweifel-
ıft erscheinen, ob er sich die Wirkung der Erdschwere als
e Gesamtwirkung der anziehenden Kraft aller Teilchen vor-
estellt hat, weil daraus die Abnahme der Schwerkraft im
rdinnern folgen würde, oder ob er sich den Erdmittelpunkt
s Träger der Anziehungskraft dachte. Wahrscheinlich aber
andelt es sich hierbei nur um einen Fehlschluſs infolge
ACONS mangelhafter mathematisch-mechanischer Vorstellungen,
ährend er in der That eine Wechselwirkung der Körper in-
lge ihrer Masse im Auge gehabt hat.

Die anregendste Quelle für alle späteren Attraktionsvor-
ellungen waren die Überlegungen KEPLERS. Auch bei ihm
at sich der Gedanke der Anziehung wohl unter dem Einflusse
er Beseelungstheorie entwickelt, und er schreibt daher nur
erwandten Körpern eine solche Eigenschaft zu, während er
aneben eine Abstoſsung zwischen Körpern für möglich hält.
Iier lag die Analogie der magnetischen Pole vor, und KEPLER
enutzte dieselbe neben andern mehr mechanischen Hypothesen,
uf die einzugehen hier keine Veranlassung ist, zur Erklärung
ler Erhaltung der Planeten in ihren Bahnen. Aber mit seinem
Übergange zur mechanischen Auffassung der Bewegung wird
hm auch die Anziehung der verwandten Körper zu einer durch-
aus körperlichen Eigenschaft, während gleichzeitig immermehr
der Gedanke hervortritt, daſs die Anziehung der irdischen
Körper und die Wirkung der Himmelskörper auf derselben, der
magnetischen Kraft analogen Ursache beruhen. Nur die Sonne
behält zunächst noch eine Ausnahmestellung als beseelter
Körper, aber diese Seele tritt ganz hinter ihre Wirkung als
materielle Potenz zurück.[1] Wohl erscheint die Anziehung an-
fänglich als eine allein von dem gröſseren auf den passiven
kleineren Körper ausgeübte Gewalt,[2] aber schon in demselben
Jahre (1605) demonstriert KEPLER ganz so wie später in der
Astronomia nova (1609) die Schwere als reine Wechselwirkung.[3]

---

[1] KEPLERI *Opera omnia* ed. FRISCH, III p. 14.

[2] Brief an HERWART, 18. März 1605. *Op.* II p. 87. (Gelegentlich der
Opposition gegen den aristotelischen Begriff von Schwere und Leichtigkeit).
Gravitas non est actio, sed passio lapidis qui trahitur, principium inquam ejus.

[3] Brief an FABRICIUS 1605. *Op.* III p. 459. Ergo aliter definio gravitatem,
u illam vim, quae intrinsece movet lapidem, vim magneticam coagmentantem

Die Anziehung ist eine gegenseitige zwischen allen Körpern. Wenn zwei Steine sich irgendwo ohne äuſsere Beeinflussung befänden, würden sie sich ähnlich wie zwei magnetische Körper anziehen und solche Wege beschreiben, daſs dieselben umgekehrt proportional sind ihren Massen. Dies gilt von der Erde und den Planeten in Bezug auf die zu ihnen gehörigen Körper, wie auch in Bezug auf den Mond und wechselseitig von diesem auf die Erde, deren Wasser er erhebt; ja es gilt auch für die Sonne in Bezug auf die Erde, jedoch kommt hier der dem Magneten eigentümliche Mechanismus hinzu, durch die magnetischen Fasern in einer Art polaren Wirkung den Planeten um sich herumzuführen.[1] Es wird ausdrücklich ausgesprochen, daſs die Schwere in allen Körpern (qualitativ) dieselbe ist, sich mit der Körpermasse teilt und dieselben Dimensionen mit den

---

similia, quae eadem numero est in magno et parvo corpore, et dividitur per moles corporum accipitque dimensiones easdem cum corpore.

[1] *Astronomia nova*. 1609. *Op.* III p. 150: Punctum mathematicum, sive centrum mundi sit sive non, nequit movere gravia neque effective neque objective, ut ad se accedant. p. 151: Vera doctrina de gravitate his innititur axiomatibus: Omnis substantia corporea, quatenus corporea, apta nata est quiescere omni loco, in quo solitaria ponitur extra orbem virtutis cognati corporis. Gravitas est affectio corporea mutua inter cognata corpora ad unitionem seu conjunctionem (quo rerum ordine est et facultas magnetica), ut multo magis Terra trahat lapidem, quam lapis petit Terram. Gravia (si maxime Terram in centro mundi collocemus) non feruntur ad centrum mundi, ut ad centrum mundi, sed ut ad centrum rotundi cognati corporis, Telluris scilicet. Itaque ubicunque collocetur seu quocunque transportetur Tellus facultate sua animali, semper ad illam feruntur gravia. Si Terra non esset rotunda, gravia non undique ferrentur recte ad medium Terrae punctum, sed ferrentur ad puncta diversa a lateribus diversis. Si duo lapides in aliquo loco mundi collocarentur propinqui invicem extra orbem virtutis tertii cognati corporis illi lapides ad similitudinem duorum magneticorum corporum coirent loco intermedio, quilibet accedens ad alterum tanto intervallo, quanta est alterius moles in comparatione. p. 152: Sufficit tamen pro solutis a Terra facultas ista corporea; abundat illa animalis. p. 307: Solem itaque similiter corpus esse magneticum. — *Epitome Astr. Cop.* 1618. L. 1, p. 1. *Op.* VI, p. 129: Videmus corpori terrae et aquae inesse vim corpoream, uniendi sibi corpora quaecunque attrahendique, quam vim vulgo gravitatem dicunt. — L. V p. 1. *Op.* VI, p. 405: Ut Sol trahit planetam, sic Terra trahit corpora, ob quem tractum corpora dicuntur gravia. Sol quidem planetam trahit ex una plaga, pellit ex altera, et hoc secundum magis et minus, Terra vero sine discrimine situs trahit pondera.

Körpern annimmt. Nur dadurch, dafs ein Raum von Körpern erfüllt ist, werden andre Körper nach ihm hingezogen und zwar gleichmäfsig nach seinem Centrum, falls er kugelförmig ist; bei andrer Gestaltung der Erde würde die Anziehung eine nach verschiedenen Seiten ungleichartige sein. Dafs ein mathematischer Punkt, ob Mittelpunkt der Welt oder nicht, die Körper in Bewegung nach sich hin versetzen könne, ist unmöglich.

Die Schwere ist also proportional der Menge der Materie, und die irdische Schwere erscheint als der kosmischen koordiniert. Indessen darf man sich doch nicht verhehlen, dafs zwischen beiden Kräften nur der Gattungsbegriff der Anziehung derselbe ist, dafs aber bei der kosmischen Schwere noch ein spezifischer Unterschied von der irdischen besteht, welchen KEPLER nicht überwunden hat. Als anziehende Kräfte werden beide mit dem Magnetismus verglichen; sie wirken in die Ferne vermöge unsichtbarer magnetischer Fäden oder Fasern (filamenta, fibrae), welche sich vom anziehenden Centralkörper ausstrecken.

Man mufs annehmen, dafs sich KEPLER die Anziehung der irdischen Schwere ebenso wie die der himmlischen durch ein derartiges mechanisches Agens vermittelt dachte. Aber der Unterschied zwischen beiden Kräften liegt darin, dafs KEPLER die Wirkung dieser magnetischen Fasern nur in der Ebene der Planetenbahn berücksichtigte, weil er sie nur dazu braucht, um den Planeten bei der Rotation der Sonne mit dieser herumzuführen. Die Anziehung wirkt allerdings auf jeden Punkt des Planeten, aber jeder Punkt beschreibt unter dem Einflusse derselben seinen Kreis um die Sonne, und für jeden kommt nur das von ihm zurückgelegte Wegelement als Mafs für die zur Verfügung stehende Kraft in Betracht. Je gröfser dieses unter gleichen Umständen ist, auf einen um so gröfseren Bogen verteilt sich die Wirkung der Sonne. Nun verhalten sich aber die zu gleichen Centriwinkeln gehörigen Bogen verschiedener Kreise wie die Radien derselben; demnach ist die den Planeten herumführende Kraft umgekehrt proportional der Entfernung von der Sonne. Versteht man unter kosmischer Schwere diese den Planeten treibende Kraft, so mufs man daher sagen, dafs sie umgekehrt proportional der Entfernung wirkt, aber man darf dann nicht vergessen, dafs wir es hier mit einer andren

Vorstellungsweise als der uns gewohnten bei der NEWTONschen Gravitation zu thun haben. KEPLER weifs sehr wohl, dafs das Licht umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung sich abschwächt; er setzt daher auch dieselbe quadratische Abnahme für jede andre körperliche Wirkung der Sonne (species) voraus. Als bewegende Kraft für den Planeten aber kommt die Sonne nicht „als blofser Körper,“ sondern nur in Bezug auf ihre Rotation in Betracht, und deswegen ist die Abschwächung linear, proportional der Bahnlänge.[1] Nichtsdestoweniger darf man schon die blofse Erwägung der Gründe, warum die Wirkung der Sonne auf die Planeten nicht, wie sich KEPLER selbst einwirft, umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung sei, als die genialste Anregung und das erste historische Auftreten des Grundgedankens des Gravitationsgesetzes ansprechen. Er hat thatsächlich den Satz, dafs die Körper proportional der Masse und umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung wirken, zur Diskussion gestellt; und dafs er für ein andres Wirkungsgesetz sich entschied, war für die Entwickelung des Gravitationsgedankens bei weitem nicht so hemmend, als der ganze Gedankengang selbst fördernd, zumal die klarere Fassung der mechanischen Begriffe von selbst auf die Aufhebung der Mängel führen mufste, welche KEPLERS Ideen noch anhafteten.

Wenn es sich nicht um die Mitführung eines Körpers in einer ebenen Bahn infolge von Rotation eines Centralkörpers gehandelt hätte, sondern um die direkte Schwerewirkung zweier freien, als ruhend gegebenen Körper, so würde KEPLER wahrscheinlich für diese die Abnahme der Anziehung als eine quadratische

[1] *Epit. Astr. Cop.* (1618). T. VI p. 346 f. p. 349: Atqui lux in dupla intervallorum proportione attenuatur, id est in proportione superficierum, cur non igitur etiam virtus motrix in dupla potius proportione fit debilior quam in simpla? — Quia virtus motrix subjectum habet speciem corporis Solaris, non ut nude est corpus, sed ut est in motu constitutum convolutionis circa suum axem et polos immobiles. Etsi igitur species corporis Solaris attenuatur in longum et latum, non minus quam lux, attenuatio tamen ista proficit ad debilitandam virtutem motricem tantummodo causa longitudinis, quippe motus localis, quem Sol planetis infert, tantum fit in longitudinem, in quam etiam ipsius Solis partes corporis sunt mobiles, non etiam in latitudinem versus polos corporis, respectu quorum Sol est immobilis.

bestimmt haben; jedoch zur Untersuchung eines solchen Problems bot sich ihm kein Anlaſs. Er sagt nur einmal bei späterer Gelegenheit, daſs die Anziehungskraft unter benachbarten Körpern gröſser sei, als unter entfernten, weshalb sie einer gegenseitigen Losreiſsung voneinander stärker widerstehen, so lange sie einander noch benachbart sind.[1] Vermutlich hat er aber dabei an die Kohäsion, d. h. nur an den Unterschied unmittelbarer Berührung und Getrenntheit der Teile gedacht.

Jedenfalls ist soviel zu konstatieren: Bei KEPLER wird die Schwere gedacht als fernwirkende, kosmische Eigenschaft; die Vermittelung ihrer Fernwirkung ist sinnlich nicht wahrnehmbar; sie wird aufgefaſst als intensive Wirkungsfähigkeit sämtlicher Teile der Materie, die sich proportional dem Gewicht der Körper summiert; es wird der Versuch gemacht, die infolge der Gravitation von den Körpern zurückzulegenden Wege quantitativ zu bestimmen, als umgekehrt proportional den Massen; es wird die Abnahme mit dem Quadrat der Entfernung erwogen und nur für die in der Bahnrichtung fortführende Kraft der Centralkörper die lineare Abnahme für notwendig gehalten.[2]

[1] JOANN. KEPLERI *Notae in Somnium Astronomicum* (1620—1630). *Op.* VIII, 1. p. 47. Gravitatem ego definio virtute magneticae simili, attractionis mutuae. Hujus vero attractionis major vis in corporibus inter se vicinis, quam in remotis. Fortius igitur resistunt divulsioni unius ab altero, cum adhuc sunt vicina invicem.

[2] Obiges war bereits geschrieben, als mir die Abhandlung von S. GÜNTHER, *Johannes Kepler und der tellurisch-kosmische Magnetismus*, Wien 1888, zuging, dessen Endresultat in Bezug auf die von K. zuletzt gewonnene Identität der Begriffe von magnetischer Anziehung und Gravitation ich voll beistimme. Nur möchte ich darauf hinweisen, daſs der Unterschied zwischen der KEPLERschen und der NEWTONschen Anziehungskraft auf die Planeten doch nicht bloſs in der Form des Gesetzes, sondern auch in der Vorstellungsweise der Wirkung einer mechanischen Kraft überhaupt liegt. Der Leser findet bei GÜNTHER noch weitere Belegstellen für den Entwickelungsgang der KEPLERschen Gedanken. Von besonderem Interesse ist es, daſs sich bei KEPLER der Satz von der Gleichheit der Gegenwirkung der Anziehung auf ein magnetisches Experiment zurückführen läſst. „Diese Frag' erörtere ich mit dem Exempel zweier ungleicher Magneten; man lege sie in kleine gleiche Schifflein, lasse sie in einem weiten Geschirr umbschwimmen; sie werden einander entgegenschiffen, der schwächere wird viel, der stärkere wird wenig fürsetzen." *Op.* T. VII p. 749, 750. GÜNTHER, S. 62. U. a. vgl. man über KEPLER auch KÄSTNER, *Gesch. d. Math.* IV, S. 216 ff.

Demnach sind die Grundgedanken der Attraktionstheorie sämtlich bei Kepler vorhanden und durch ihn in die Wissenschaft eingeführt. Was Fermat, Pascal und Roberval über die Gravitation als eine allen Teilen der Materie zukommende Eigenschaft vermutet haben, fuſst ohne Zweifel auf den bei Kepler mit voller Sicherheit ausgesprochenen Gedanken.

In dem Briefwechsel von Fermat, Roberval und Pascal vom Jahre 1636 wird die Frage erörtert, wie sich der Fall eines Körpers auf einem Durchmesser der Erde innerhalb derselben bei als frei vorausgesetzter Bahn gestalten würde.[1] Roberval und Pascal entscheiden sich hier nicht über die Hypothese, welche für den Ursprung der Schwere zu Grunde zu legen sei, sie führen nur drei Annahmen als die möglichen an. Die erste ist die „gewöhnliche“, daſs die Schwere eine den fallenden Körpern inhärente Eigenschaft sei; alsdann ist ihre Gröſse von der Entfernung von der Erde unabhängig. Die zweite nimmt an, daſs der Fall der Körper aus der Anziehung eines andren, der Erde, hervorgeht. „Es gibt eine dritte Meinung, welche nicht auſserhalb der Wahrscheinlichkeit liegt; nämlich eine wechselseitige Anziehung zwischen den Körpern, verursacht durch ein natürliches Verlangen, welches diese Körper zur gemeinsamen Vereinigung haben, wie es beim Eisen und Magneten ersichtlich ist .... Wenn beide Körper frei sind, nähern sie sich gegenseitig einander und zwar so, daſs jedesmal der stärkere den geringeren Weg zurücklegt.“[2] Diese beiden letzten Hypothesen führen unter der Voraussetzung, daſs die anziehende Kraft in den Teilen der Erde gleichmäſsig verteilt ist, darauf, daſs die Anziehung im Erdinnern abnehmen muſs. Das Verhältnis, in welchem dies geschieht, wird jedoch nicht näher festgestellt, was ja auch nicht zu erwarten ist, so lange über die Abhängigkeit der Anziehung von der Entfernung nichts bekannt ist.[3] Es wird dabei noch der Miſsgriff begangen, daſs die anziehende Kugel in Segmente senkrecht zum

---

[1] *Oeuvres* de Blaise Pascal. A la Haye 1779. T. IV p. 395 f.

[2] *Oeuvres* de Pascal a. a. O. p. 390, 391.

[3] Über eine angebliche brieſliche Äuſserung von Pascal an Boyle um 1652 über die Abnahme der Gravitation mit dem Quadrate der Entfernung vgl. Wolf, *Gesch. d. Astron.* S. 446.

durchlaufenen Durchmesser zerlegt wird, anstatt in Kugelschalen, deren Wirkung auf einen Punkt im Innern sich bei Geltung des NEWTONschen Gesetzes aufhebt. Denselben Beweis mit gleich negativem Resultat reproduciert MERSENNE[1] noch im Jahre 1644; auch in seinen *Mechanicorum libri* drückt er sich über die Schwere ganz unbestimmt aus.[2]

Ein Versuch, die von KEPLER den Teilen der Materie zugeschriebene Anziehungskraft zu einer Grundkraft der Materie zu verallgemeinern und auf sie als wesentliche Eigenschaft der Materie zuerst ein Weltsystem zu begründen, rührt her von PERSONE DE ROBERVAL (1602—1675), welcher im Jahre 1644 ein Buch unter dem Titel *Aristarchi Samii de mundi Systemate* veröffentlichte.[3] Da demselben das System des COPPERNIKUS zu Grunde gelegt ist, ward wohl diese Form eines angeblichen Werkes von ARISTARCH aus Gründen der Vorsicht gewählt; in der Widmung verwahrt sich ROBERVAL dagegen, sich für eines der drei bekannten Weltsysteme entscheiden zu wollen. Daſs das Buch von ROBERVAL stammte, war nicht bloſs MERSENNE, sondern auch DESCARTES[4] und vermutlich seinen gelehrten Freunden bekannt.

ROBERVAL setzt voraus, daſs von der Sonne eine sehr starke erwärmende Wirkung ausgeht, welche eine Verdünnung der Materie hervorruft. Letztere ist mit Ausnahme in der Erde, den Gestirnen und ihrer unmittelbaren Nachbarschaft flüssig, durchdringlich und durchsichtig. Ob die Verdünnung durch Beimischung sehr kleiner Vacua oder Einführung einer feineren Materie stattfinde, bleibe dahingestellt. Jedenfalls wird durch die Sonne eine mit der Entfernung abnehmende ungleiche Er-

[1] *Universae geometriae mixtaeque mathematicae synopsis*. Paris 1644. p. 396.

[2] F. MARINI MERSENNI Minimi *Tractatus mechanicus theoricus et practicus*. Paris 1644. p. 21. In *Cogitata physico-mathematica*.

[3] BRUNEL, *Manuel du libraire* etc. Paris 1860. p. 449. — Die zweite Auflage, nach welcher ich citiere, erschien Paris 1647 und findet sich in MERSENNES *Novarum observationum Physicomathematicarum* III unter dem Titel: ARISTARCHI SAMII *de mundi systemate partibus et motibus ejusdem liber singularis*. Adjectae sunt AE. P. DE ROBERVAL Mathem. Scient. in Collegio Regio Franciae professoris, *Notae in eundem libellum*. Ed. II. correctior. Die Widmung ist vom Juli 1643.

[4] DESCARTES urteilte sehr hart über ROBERVAL. Vgl. *Oeuvr.* ed. COUSIN T. IX p. 508, 551, 555.

wärmung und infolgedessen Verdünnung erzeugt werden. Roberval fährt nun fort:

„Aufserdem wohne jener gesamten Weltmaterie und jedem, und zwar jedem einzelnen Teile derselben, eine gewisse Eigenschaft oder ein gewisses Accidens inne, kraft dessen jene gesamte Materie in einen und denselben kontinuierlichen Körper zusammengezogen wird, dessen Teile alle durch ein kontinuierliches Streben gegeneinander bewegt werden und sich wechselseitig anziehen, so dafs sie eng zusammenhängen und keine Trennung voneinander dulden, es sei denn durch eine stärkere Kraft.“[1] Dadurch mufste sich die gesamte Materie in Kugelgestalt zusammenballen, und zwar infolge der gegenseitigen Anziehung des ganzen Systems, nicht, wie man vielfach fälschlich glaube, durch die Anziehung des Zentrums.

Da aber in der Mitte dieser Materie sich die Sonne mit ihrer erleuchtenden, wärmenden und verdünnenden Kraft befindet, ist leicht zu schliefsen, dafs jenes System nicht eher zur Ruhe kommen wird, als bis sich die Materie gleichmäfsig um die Sonne verteilt hat. Infolge der mit der Entfernung abnehmenden Verdünnung durch die Sonne werden die entferntesten Kugelschalen die dichtesten sein, während überall in gleicher Entfernung von der Sonne gleiche Dichtigkeit herrscht.

Im System der Erde für sich betrachtet zeigt sich die umgekehrte Anordnung in den aufeinanderfolgenden Sphären von Erde, Wasser und Luft, welche letztere aufserordentlich viel dünner ist als der Kern. Allen Teilen dieses Systems kommt dieselbe Anziehungskraft zu, wie denjenigen der Weltmaterie, welche den Zusammenhang derselben herstellt und ihre Trennung voneinander verhindert. Aber die Eigenschaft oder das Accidens dieser Art ist in ungleichartiger Weise an den Teilen der irdischen Körper beteiligt, und zwar dergestalt, dafs, je dichter irgend ein Teil ist, er um so mehr an dieser Eigenschaft Anteil hat; so dafs infolgedessen die Erde als der dichteste Körper mehr als das Wasser, dieses mehr als die Luft von der anziehenden Eigenschaft besitzt, sofern man gleiche Volumina derselben vergleicht.[2] Daher befinden sich Erde, Luft und

---

[1] *De mundi syst.* p. 2, ferner p. 3, 4. — [2] A. a. O. p. 4.

Wasser in der angegebenen Reihenfolge geordnet und bilden ein zusammenhängendes System, dessen Teile sich nicht voneinander trennen können. Jene anziehende Eigenschaft in den Teilen des Erdsystems ist das, was man für gewöhnlich Schwere oder Leichtigkeit nennt, wobei letztere nur als ein geringerer Grad von Schwere aufzufassen ist.[1] Da dieses festverbundene, kugelförmige System aus dichteren und dünneren Teilen besteht, wird es eine mittlere Dichtigkeit besitzen, infolgedessen es sich der Sonne nähern oder von ihr entfernen wird, bis es in eine solche Entfernung gelangt ist, in welcher das umgebende Medium von gleicher Dichtigkeit ist.[2] Dasselbe gilt von den übrigen Planeten und ihren Trabanten, welche eben solche Systeme bilden, deren mittlere Dichtigkeit also um so geringer ist, je näher an der Sonne sie sich befinden.[3]

Es interessiert hier nicht, näher darauf einzugehen, wie nun die Bewegungen der Himmelskörper abgeleitet werden sollen, indem zunächst die Sonne und damit die umgebenden Schichten eine Rotation durch Ausströmungen erhalten, welche schief gegen die Oberfläche der Sonne gerichtet sind.[4] Der Erde wird eine Seele zugeschrieben und allerlei Abenteuerliches an Hypothesen geleistet.

Für uns genügt es aus ROBERVALS Buche zu konstatieren, dafs er in der That allen Teilen der Materie, die er dabei kontinuierlich fafst, eine anziehende Kraft zugeschrieben hat, welche dieselben verbindet und ebenso die Körper an die Erde wie die Weltkörper an die Sonne fesselt. Das letztere ist zwar nicht deutlich ausgesprochen, ergibt sich aber aus der Annahme, dafs Gleichgewicht nicht eher eintritt, als bis die mittlere Dichtigkeit des Planeten der des umgebenden Mittels gleich ist; dann werden die gegenseitige Anziehung der Teile des Weltsystems und die verdünnende Kraft der Sonne sich das Gleichgewicht halten. Über eine Abnahme der anziehenden Kraft mit der Entfernung ist jedoch bei ROBERVAL nichts gesagt.

Ungerechtfertigt ist es, den französischen Astronomen BOULLIAU (BOUILLAUD, BOULLIAUD, BULLIALDUS, 1605—1694) unter denen zu nennen, welche vor NEWTON eine Anziehungskraft der Materie in die Ferne und umgekehrt proportional dem

[1] A. a. O. p. 3, 4, 5. — [2] A. a. O. p. 6. — [3] A. a. O. p. 6, 7.
[4] A. a. O. p. 11.

Quadrate der Entfernung behauptet hätten.[1] Boulliau lehrt nur,[2] dafs sowohl die Teile des den ganzen Weltraum erfüllenden kontinuierlichen Äthers als auch die dichten Teile der Weltkörper fest untereinander zusammenhängen, und dafs letztere zur Vereinigung und Ansammlung gleichwie von Sehnsucht getrieben zusammenstreben. Die Sonne steht in der Mitte fest und alles dreht sich um ihren Mittelpunkt. Sie wirkt nicht bewegend auf die Planeten, sondern diese werden durch ihre besonderen „Formen" herumgeführt.[3] Die „neue" Hypothese Boulliaus besteht darin, dafs er annimmt, die Planeten bewegen sich auf Ellipsen, welche auf einem schiefen Kegel liegen, dessen Axe durch den zweiten (von der Sonne freien) Brennpunkt geht, und zwar gleichmäfsig in Bezug auf die Axe des Kegels. Irgend einen mechanischen Grund hierfür gibt er nicht an. Dagegen erwähnt er allerdings polemisch gegen Kepler, indem er dessen Ansicht von der Abnahme der *vis motrix* der Sonne mit der Entfernung bekämpft, dafs, wenn man eine körperliche Wirkung der Sonne annähme, diese proportional dem Quadrate der Entfernung abnehmen müfste.[4] Auf diese Stelle mag sich die Erwähnung Boulliaus durch Newton in dem Briefe an Halley (vom 20. Juni 1686[5]) beziehen; vielleicht hat Newton die Ansicht von der quadratischen Abnahme der Gravitation aus Boulliaus Werke kennen gelernt; Boulliau selbst hat sie nicht vertreten.

Die Attraktionsvorstellungen, welche bei Gassendi (s. II S. 159, 166) und Digby (s. II S. 197) auftreten, und die vorbereitenden Gedanken zu dem Begriff einer Fernwirkung, wie sie sich in Hobbes' Conatus (s. II S. 238) und Guerickes Aktionssphäre (s. II S. 298) darbieten, haben an den betreffenden Stellen Erwähnung gefunden.

---

[1] So fälschlich bei Whewell (Deutsch v. Littrow) II S. 157.

[2] Ismaelis Bullialdi *Astronomia Philolaica.* Paris 1645. p. 3. p. 6.

[3] A. a. O. p. 21, 24.

[4] Die Stelle lautet (*Astr. Philolaica* p. 23): Virtus autem illa, qua sol prehendit seu harpagat planetas, corporalis quae ipsi pro manibus est, lineis rectis in omnem mundi amplitudinem emissa quasi species solis cum illius corpore rotatur: cum ergo sit corporalis imminuitur, et extenuatur in majori spatio et intervallo, ratio autem hujus imminutionis eadem est, ac luminis, in ratione nempe dupla intervallorum sed eversa.

[5] Rosenberger II S. 223.

Der erste Versuch, die Erhaltung der Planetenbahnen aus em Gleichgewicht zwischen der anziehenden Kraft des Central-örpers und der durch den Umschwung entstehenden Centrifugal-raft zu erklären, rührt, wie schon früher erwähnt, von BORELLI er.[1] Die Zusammensetzung dieser beiden Bewegungen in Er-ägung gezogen zu haben, ist sein wesentliches Verdienst, und isofern hat er offenbar NEWTON vorgearbeitet, ohne daſs es im gelang, das Gesetz für die Anziehung zu ermitteln. Fragen ir jedoch nach denjenigen Männern, welche die Attraktion s eine wesentliche Eigenschaft der Materie annahmen, so ürfen wir BORELLI nicht nennen. Er spricht zwar in diesem alle von einer gewissen Neigung der Planeten, sich mit ihrem entralkörper zu vereinigen, aber auch der Gebrauch des Vortes Anziehung bedeutet bei ihm nur eine vereinfachende usammenfassung der Erscheinungen, die im letzten Grunde echanisch zu erklären sei. Wir haben gesehen, daſs er kon-equenter Kinetiker war.

Bis auf das Jahr 1666, welches BORELLIS Theorie der upitertrabanten brachte, reichen auch die ersten Überlegungen on NEWTON und HOOKE über die Anziehung der Sonne auf die laneten zurück.[2] Inwieweit die beiden genannten Männer und eben ihnen WREN und HALLEY[3] Anteil an dem Ausbau des ravitationsgedankens haben, ist von andern mehrfach er-ogen worden und kann hier auſser acht bleiben, da an der leinigen erfolgreichen Durchführung desselben durch NEWTON, dem er mit Hilfe seines neuen Fluxionscalcüls das den Er-heinungen entsprechende Gravitationsgesetz nachwies, nicht ı zweifeln ist. Es sei nur erwähnt, daſs die Entdeckung des esetzes der Centrifugalkraft durch HUYGENS (1673) ein wesent-ches Moment in der Förderung der Frage war, und daſs OOKE im Jahre 1674 folgende Sätze seiner Erklärung des Veltsystems zugrunde legte:[4] 1. Alle Himmelskörper besitzen

---

[1] Vgl. 4. Buch S. 301. S. auch WHEWELL II S. 146.
[2] BREWSTER, *Newton*. Deutsche Ausg. S. 116.
[3] Näheres bei BREWSTER a. a. O. S. 128 ff.
[4] *On attempt to prove the annual motion of the Earth.* London 1674. gl. FISCHER, *Gesch. d. Phys.* I S. 272, 273. BREWSTER, a. a. O. S. 116, 117. HEWELL II S. 136.

ohne Ausnahme eine Anziehung oder Schwere nicht allein gegen ihre eigenen Mittelpunkte, sondern auch wechselseitig gegen einander innerhalb ihrer Wirkungskreise; 2. alle Körper, welche eine einfache und geradlinige Bewegung haben, setzen dieselbe in gerader Linie fort, wofern nicht irgend eine Kraft sie beständig ablenkt und eine krumme Bahn zu beschreiben zwingt; 3. die Anziehung ist um so stärker, je näher der anziehende Körper ist.

Das Verhältnis jedoch, in welchem diese anziehende Kraft von der Entfernung des anziehenden Körpers abhängig ist, habe er, sagt HOOKE selbst, bisher auf experimentellem Wege nicht ausmitteln können, doch stehe er nicht an, jedem, der es findet, schon jetzt zu sagen, dafs er damit die wahre Ursache der himmlischen Bewegungen gefunden haben werde.

Dafs die Abnahme der Gravitation im quadratischen Verhältnis der Entfernung erfolge, schlofs HALLEY aus Analogie der Abnahme des Lichtes; auch WREN war dieses Verhältnis bekannt, wie NEWTON selbst angibt.[1] Aber NEWTON allein war imstande, den mathematischen Beweis dafür zu erbringen, indem er die KEPLERschen Gesetze auf dasselbe zurückführte und die Bewegung des Mondes als identisch mit der Fallbewegung gegen die Erde nachwies. Dies geschah bekanntlich in den *Mathematischen Prinzipien der Naturlehre*, welche 1687 erschienen.[2] NEWTON wurde dadurch der Begründer der mathematischen Physik und der Urheber der Lehre von der Gravitation als einer allgemeinen Eigenschaft der Materie — mit allen ihren Folgen.

[1] WHEWELL II S. 156, 157.

[2] *Philosophiae naturalis principia mathematica.* London 1687. Wir citieren NEWTON nach der Ausgabe der *Opera omnia quae exstant* durch HORSLEY, London 1779, daneben die deutsche Übersetzung der *Prinzipien* von WOLFERS, Berlin 1872, die jedoch einer sorgfältigen Vergleichung mit dem Original bedarf.

Siebenter Abschnitt.

Newton.

1. Abneigung gegen die Hypothese.

NEWTON (1642/43—1726/27) stand auf dem Boden der Korpuskulartheorie, insofern sie starre, voneinander getrennte, individuelle Teilchen der Materie annahm; aber er gab nicht zu, daſs dieselben nur durch Bewegung bei der Berührung aufeinander wirken. An Stelle eines Gesetzes, welches diese Mitteilung der Bewegung regulierte, führte er einen neuen Begriff ein, denjenigen der konstanten, in die Ferne wirkenden Kraft. Dadurch leitete er die kinetische Atomistik in die dynamische über.

Man würde indessen irren, wenn man bei NEWTON eine ausgebildete Theorie der Materie zu finden erwartete. Darauf war sein Interesse nicht gerichtet. Er war durchaus Mathematiker, und mathematisch sollen, wie es der Titel seines Hauptwerks sagt, die Prinzipien seiner Naturerklärung sein. Sein berühmtes *Hypotheses non fingo*[1] soll bedeuten, daſs er nur eine Darstellung der beobachteten Erscheinungen in mathematischer Sprache geben will, d. h. die in jenen aufgefundenen Gröſsenbeziehungen feststellen; aber er hält es nicht für angebracht, daraus Schlüsse auf die zugrunde liegende Beschaffenheit der Materie zu ziehen. „Alles, was nicht aus den Erscheinungen folgt, ist eine Hypothese, und Hypothesen, seien sie nun metaphysische oder physische, mechanische oder diejenigen der verborgenen Qualitäten, dürfen nicht in die Experimentalphysik aufgenommen werden. In dieser leitet man die Sätze aus den Erscheinungen ab und verallgemeinert sie durch Induktion."[2] Freilich werden wir sehen, daſs er nicht immer nach dieser Maxime, wenigstens nicht in Bezug auf die metaphysischen Hypothesen, gehandelt hat.

---

[1] *Principia* III, Abschn. 5. *Op.* III p. 174. WOLFERS S. 511.
[2] A. a. O.

Es zeigt sich demnach bei NEWTON eine grofse Gleichgiltigkeit gegen die Theorien der Materie, und er ist weder bemüht, etwaige Annahmen über die Grundbestandteile der Materie bis zu ihren letzten Bedingungen zu verfolgen, noch sie klar oder in gegenseitiger Übereinstimmung darzustellen. Er legt allen Wert auf die Feststellung der Thatsachen, die er von jeder theoretischen Voraussetzung möglichst unabhängig zu machen sucht. So sagt er bei der Verteidigung seiner Entdeckungen über die Eigenschaften des Lichtes und der Farben, dafs er, weil ihm die wahre Natur des Lichtes zweifelhaft gewesen sei, es absichtlich vermieden habe und andern überlasse, irgend welche mechanische Hypothesen über Gestalt und Bewegung der Korpuskeln und das ätherische Mittel aufzustellen, was ihm übrigens nicht schwer erscheine.[1] In einem Briefe an BOYLE (v. 28. Feb. 1678/79), in welchem er einige Gedanken über eine Ätherhypothese hinwirft, sagt er am Schlufs: „Für meinen Teil habe ich so wenig Geschmack an Dingen dieser Art, dafs, hätte Ihre Ermutigung mich nicht dazu veranlafst, ich niemals, glaube ich, auch nur die Feder dafür aufs Papier gebracht hätte.“[2]

Seine berühmten *Leges*, mit welchen die *Principien* beginnen, sollen nicht den Charakter physikalischer Hypothesen tragen, sondern Postulate von Begriffen sein, welche die mathematische Darstellung der Bewegungen ermöglichen. Sie setzen die Begriffe der Gröfse der Materie und der Bewegung, der Beharrung der Bewegung, der Kraft und der Centripetalkraft fest und sind seitdem die Grundlage der Mechanik geworden. In dem mathematischen Sinne, wie sie NEWTON hier einführt, sind sie ebenso berechtigt als fruchtbar; was aber aus dem Begriffe der beschleunigenden Kraft über den analytischen Gebrauch der Rechnung hinaus gemacht worden ist, werden wir noch später zu besprechen haben, soweit nicht schon bei der Substanzialisierung der Kraft durch LEIBNIZ darauf hingedeutet worden ist.

Der Gegenstand unsrer Untersuchung ist die Stellung

---

[1] *Philos. Transact.* London 1673 p. 6109. Vgl. auch 1672 besonders den Briefwechsel mit PARDIES, p. 4093, 5007 und namentlich 5012.

[2] *Op.* IV p. 394.

NEWTONS zum Problem der Materie. In seinen „Regeln zur Naturerklärung"[1] verlangt er, dafs an Ursachen der Naturdinge nicht mehr zugelassen werden, als sowohl wahr sind als auch zur Erklärung der Erscheinungen ausreichen. Letzteres wird jeder zugestehen, aber was als „wahre" Ursache anzusehen ist, das eben ist die Frage, deren Beantwortung schon die Grenzen der Physik überschreitet. NEWTON verlangt weiter, dafs man, soweit es angeht, gleichartigen Wirkungen dieselben Ursachen zuschreibe. Endlich macht er in der dritten Regel einen kühnen Sprung aus dem empirischen Felde in das spekulative. „Diejenigen Eigenschaften der Körper, welche weder verstärkt noch vermindert werden können und welche allen Körpern zukommen, an denen man Versuche anstellen kann, mufs man für Eigenschaften sämtlicher Körper halten." Es liegt hier die dem Empiriker nur zu naheliegende Täuschung zugrunde, dafs, weil alle Eigenschaften der Körper nur aus der Erfahrung kennen zu lernen sind, auch die Grundeigenschaften der Materie aus einer Verallgemeinerung der sinnlichen Erfahrung fliefsen; während doch umgekehrt die Möglichkeit wissenschaftlicher Erfahrung darauf beruht, dafs rationale, aus der Einheit des Bewufstseins stammende Elemente die Grundlage für die Einreihung der sinnlichen Erfahrungen in das System der Naturerkenntnis bilden. Ausdehnung, Härte, Undurchdringlichkeit, Beweglichkeit und Trägheit will NEWTON deshalb als allgemeine Eigenschaften der Materie gelten lassen, weil wir sie an allen Körpern durch die sinnliche Erfahrung wahrnehmen. „Dafs alle Körper undurchdringlich sind," sagt NEWTON, „leiten wir nicht aus der Vernunft, sondern aus der sinnlichen Erfahrung ab."[2] Das ist freilich LOCKES Standpunkt. Wir würden aber niemals aus dem blofsen sinnlichen Eindruck zur Erfahrung von einem Körper als einem undurchdringlichen kommen, beruhte nicht Undurchdringlichkeit auf einem Verstandesbegriffe, einer Form der Einheitsbeziehung von Sinnesempfindungen, welche erst den Begriff des Körpers ermöglicht.

„Die Ausdehnung, Härte, Undurchdringlichkeit, Beweg-

---

[1] *Regulae philosophandi. Princ.* lib. III. *Op.* III p. 2. WOLFERS S. 380.

[2] A. a. O. *Op.* III p. 3. Corpora omnia impenetrabilia esse non ratione sed sensu colligimus.

lichkeit und Trägheitskraft des Ganzen entspringt aus derselben Eigenschaft der Teile; wir schliefsen daraus, dafs alle kleinsten Teile aller Körper ebenfalls ausgedehnt, hart, undurchdringlich, beweglich und mit der Kraft der Trägheit begabt sind. Hierin besteht die Grundlage der gesamten Naturlehre. Ferner erkennen wir aus den Erscheinungen, dafs die zerlegten und sich wechselseitig berührenden Teile der Körper voneinander getrennt werden können. Dafs man durch das Denken die Teile in noch kleinere unterscheiden könne, ist aus der Mathematik bekannt; ob man diese so unterschiedenen, aber noch nicht zerlegten Teile durch Kräfte der Natur zerlegen und voneinander trennen könne, ist ungewifs. Wenn es sich aber durch einen einzigen Versuch ergäbe, dafs irgend eine unzerlegte Partikel bei Zerbrechung eines harten und festen Körpers eine Teilung erführe, so würden wir daraus nach dieser Regel schliefsen, dafs nicht nur zerlegte Teile trennbar seien, sondern dafs auch unzerlegbare ins Unendliche geteilt werden können.“ [1]

Hier ist wieder dieselbe Unklarheit über die Grundbegriffe. Was entscheidet denn darüber, was unzerlegbare Teile sind? Die Erfahrung? Ein Atom soll also dasjenige sein, was erfahrungsmäfsig nicht mehr geteilt werden kann. Wenn aber ein solches empirisches Atom — ein ungeheuerlicher Gedanke — einmal geteilt würde, so soll daraus sofort folgen, dafs es überhaupt keine Atome gäbe! Es blieben doch vermutlich noch weitere „empirische“ Atome übrig. Diese ganze Überlegung NEWTONS macht es recht deutlich, wie ohnmächtig die sinnliche Erfahrung in den Grundlagen der Physik ist, die eben nur durch den Begriff zu erhalten sind. NEWTON zeigt sich hier als Anhänger der Korpuskulartheorie, aber einer Korpuskulartheorie, wie sie in den ersten Anfängen ihrer Erneuerung auftritt, ganz in den Banden der Sinnlichkeit; was DESCARTES und GASSENDI für den Begriff des Korpuskels geleistet haben, ist nicht für ihn vorhanden.

[1] A. a. O. *Op.* III p. 3.

2. Die Äthertheorie.

Die oben erwähnte Gleichgiltigkeit gegen Hypothesen über die Grundeigenschaften der Materie zeigt sich bei NEWTON auch in der Behandlung seiner Äthertheorie. Er hatte am 7. Dezember 1675 der *Royal Society* eine Abhandlung: *An hypothesis explaining the properties of Light* vorgelegt, in welcher er zum erstenmale seine Ansichten über den Äther vorträgt und sie zur Erklärung der Phänomene des Lichts und der Schwere anwendet.[1] Eine weitere Ausdehnung gibt er seinen Erklärungen in dem oben erwähnten Briefe an BOYLE.[2] Danach ist durch den ganzen Raum eine ätherische Substanz verbreitet, welche der Zusammenziehung und Ausdehnung fähig und äufserst elastisch ist, ähnlich wie die Luft, aber viel feiner. Der Äther durchdringt alle Körper, ist jedoch in den Poren derselben verdünnter als in den freien Räumen, und dies um so mehr, je enger die Poren sind. Der Übergang von dem verdünnten zum dichteren Äther findet an den Grenzen der Körper ganz allmählich statt, so dafs sich an denselben ein Raum oder eine Schicht einer allmählichen Ätherverdünnung (the space of the aether's graduated rarity) befindet. Daraus erklärt sich zunächst die Lichtbrechung und Lichtbeugung. Die Erscheinungen der Adhäsion, Kohäsion und Kapillarität werden aus der gegenseitigen Einwirkung der um die Körper befindlichen Schichten der stufenweisen Ätherverdünnung erklärt. Die Wirkung der Lösungsmittel sowie das Schmelzen und Verdampfen der Körper wird ebenfalls auf die Wirkung des Äthers zwischen den Poren zurückgeführt unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Gröfse der Körperteilchen, welche in den flüchtigen und flüssigen Körpern kleiner sind als in den schwer zu verflüssigenden; es wird dabei angenommen, dafs z. B. die Teile des Goldes beim Schmelzen erst in kleinere zerlegt werden. Eine nähere Ausführung übergehen wir, weil NEWTON selbst gar keinen Wert

[1] Vgl. hierzu BREWSTER, *Life of Newton* p. 301—308, reproduciert bei ZÖLLNER, *Prinzipien einer elektrodynamischen Theorie der Materie*, Leipzig 1876, p. 419—423. Deutsche Ausg. S. 255 f.

[2] S. S. 556. — *Op.* IV p. 385—394.

auf seine Hypothese legt. Während er in seiner Hypothese von 1675 die Ursache der Schwere in einem Druck des Äthers auf sich selbst und die dichteren Körper sucht, wodurch dieselben nach den weniger dichten Stellen hingetrieben werden, schreibt er (1678) in dem Briefe an BOYLE:

„Nun will ich noch eine Vermutung hinzufügen, welche mir, während ich diesen Brief schrieb, in den Sinn kam. Zu diesem Zwecke will ich annehmen, daſs der Äther aus Teilen besteht, welche sich voneinander durch Feinheit in unendlicher Abstufung unterscheiden; und zwar so, daſs in den Poren der Körper weniger von dem groben Äther im Verhältnis zu dem feinen enthalten ist, folglich in dem groſsen Körper der Erde von dem groben Äther sich im Verhältnis zu dem feinen viel mehr befindet, als in den Regionen der Luft, und daſs sogar der gröbere Äther in der Luft die oberen Regionen der Erde derart affiziert, daſs von der Höhe der Atmosphäre bis zur Erdoberfläche und von dieser bis zum Erdmittelpunkt der Äther unmerklich feiner und feiner wird. Stellen Sie sich nun irgend einen Körper in der Luft aufgehängt oder auf der Erde liegend vor, und den Äther, nach dieser Hypothese, gröber in den Poren der oberen als in denen der untern Teile der Körper, ferner den gröberen Äther weniger geeignet, in diesen Poren untergebracht zu werden, als der feinere darunter, so wird er sich bestreben heraus zu gelangen und dem feineren Äther darunter Raum zu geben, was nicht möglich ist, ohne daſs die Körper sich abwärts bewegen, um oben für jenen Platz zum Eintreten zu machen."

Es ergibt sich hieraus, daſs NEWTON sich auch den Äther korpuskular konstituiert dachte, was sich weiterhin noch klarer bestätigen wird.

Von dieser Ätherhypothese, die sich hier zunächst nur auf die irdische Schwere bezog, scheint NEWTON mehr und mehr zurückgekommen zu sein, als ihm die Identität der Gravitation und der irdischen Schwere zur Gewiſsheit wurde und sich die Erklärung durch Attraktionskräfte immer fruchtbarer gestaltete. Er betrachtete sie überhaupt nur als einen Notbehelf, um weitläufigere Erörterungen über das Wesen der Schwere selbst zu vermeiden und denjenigen, welche eine bestimmte Antwort verlangten, wenigstens etwas an die Hand zu geben. So hatte er sie schon der *Royal Society* 1675 mit dem Vorbehalt vorgelegt: „Ich wurde dazu veranlaſst, weil ich beobachtet hatte, daſs die Köpfe einiger groſser Virtuosen sehr auf Hypothesen versessen waren, und deshalb gab ich eine, welche ich für die wahrscheinlichste zu betrachten geneigt war, wenn ich einmal für eine mich zu entscheiden gezwungen gewesen wäre." Und

in einem Briefe an HALLEY (v. 20. Juni 1686) sagt er, auf jene Mitteilung zurückkommend, dafs sie nur als eine Vermutung zu betrachten sei, der er kein weiteres Vertrauen schenke.[1]

Nach BREWSTERS Angabe, welche sich auf ein im Besitz von Dr. J. C. GREGORY befindliches Manuskript stützt, hatte NEWTON seine Ätherhypothese noch vor dem Jahre 1702 gänzlich aufgegeben, indem er den Äther als eine willkürliche Annahme bezeichnete, die aus der Natur zu beseitigen sei. Offenbar hatte sich ihm in den anziehenden und abstofsenden Kräften der Korpuskeln ein der mathematischen Behandlung viel zugänglicheres Erklärungsmittel gezeigt, und er erkannte, dafs er nicht nur des Äthers zur Erklärung nicht bedurfte, sondern mit demselben bei weitem nicht das erreichen konnte, was ihm die Molekularkräfte leisteten. BREWSTER weist mit Recht besonders auf das Beispiel der Kapillarerscheinungen hin, welche sich aus der Anziehung der Gefäfswände und der Flüssigkeitsteilchen viel leichter erklären liefsen, als aus einem Druck des Äthers.

Trotzdem finden wir in der zweiten englischen Ausgabe der Optik vom Jahre 1717 die Ätherhypothese noch einmal aufgenommen, obwohl nur in Gestalt der dem Werke angehängten Fragen (queries).[2] NEWTON supponiert hier seinen aufserordentlich elastischen und dünnen Äther als in allen Körpern enthalten und durch alle Himmelsräume ausgegossen. In den festen Körpern der Sonne, der Sterne, Planeten und Kometen soll er viel dünner sein, als in den dazwischen liegenden leeren Räumen, und zwar so, dafs von den Himmelskörpern aus die Dichtigkeit mit der Entfernung immer mehr zunimmt. Dadurch soll die gegenseitige Schwere dieser Körper wie ihrer Teile gegeneinander bewirkt werden, indem alle Körper von den dichteren Teilen des Mediums nach den dünneren hinstreben. Wenn die Dichtigkeit des Mediums auch nur sehr langsam zunimmt, so soll dies dadurch ausgeglichen werden, dafs die Elasticität ungeheuer grofs ist, so dafs die für die Schwere erforderliche Kraft geboten wird. Dieses Medium

[1] BREWSTER, *Life* p. 304, 305. Deutsche Ausg. S. 255. ZÖLLNER S. 420, 421.

[2] *Op.* T. IV qu. 18—24. p. 223—226. Von den hier und noch später namentlich in Betracht kommenden Stellen der „Fragen" hat SCHALLER I S. 373 ff. eine Übersetzung gegeben, an die wir uns teilweise anschliefsen.

wird zugleich als der Träger des Lichtes und der strahlenden Wärme angesehen, und aus der großen Geschwindigkeit, mit welcher sich die hier von NEWTON gebilligten Schwingungen des Lichtes fortpflanzen, ebenfalls auf die außerordentliche Elasticität geschlossen.

NEWTON findet die Elasticität des Äthers 490 000 millionenmal so groß als die der Luft und seine Dichtigkeit 600 millionenmal geringer als die des Wassers und schließt daraus, daß sein Widerstand so unbedeutend sei, daß derselbe die Bewegung der Planeten in 10 000 Jahren nicht merklich beeinflussen würde. Er gibt jedoch, trotz der Annäherung an die Undulationshypothese, deswegen die Emissionshypothese nicht auf, sondern benutzt nur die Ätherwellen zur Erklärung der von der Emissionstheorie geforderten „Anwandlungen" der Lichtstrahlen, durch welche sie abwechselnd für die Reflexion und für die Refraktion geeigneter sind. Auch fragt er, ob nicht das Sehen vorzugsweise durch die Übertragung dieser Schwingungen auf die Netzhaut und die Nervenfasern hervorgerufen werde, und ob es sich nicht ähnlich mit dem Gehör und den andern Sinnen verhielte. Ja er ist geneigt, selbst die Bewegungen der Tiere, welche durch die Kraft des Willens im Gehirn erregt und von dort durch die Nerven nach den Muskeln hin verbreitet werden, auf die Schwingungen des Äthers zurückzuführen. Hiernach würde also der Äther der allgemeine Träger der Energie und Vermittler derselben im Weltall sein.

Es scheint demnach, als hätte sich NEWTON hier im Grunde doch entschlossen, eine mechanische Hypothese zur Erklärung der fernwirkenden Kräfte einzuführen. Er will die fernwirkenden Kräfte im Interesse der Mathematik zur Erklärung der Erscheinungen nicht entbehren, aber er will auch keine bestimmte Entscheidung über ihre Bedeutung aussprechen. Seine Absicht ist, dem Vorwurfe zu begegnen, daß er die Gravitation als eine wesentliche Eigenschaft der Materie einführe. Deshalb sagt er in der Vorrede zur zweiten Auflage der *Optik*: „Um zu zeigen, daß ich die Schwere nicht als eine essentielle Eigenschaft der Körper auffasse, habe ich eine Frage über ihre Ursache hinzugefügt, und ich habe dies in Gestalt einer Frage gethan, weil ich in Bezug auf ihre experimentelle Erforschung noch nicht befriedigt bin." Geht schon hieraus

hervor, dafs er die Ätherhypothese für sehr fraglich hält, während ihm die Wirkung der Centrifugalkräfte als den Erscheinungen entsprechend für völlig gewifs gilt, so zeigt eine nähere Betrachtung dessen, was er über die Natur dieses Äthers beibringt, dafs derselbe gar keine mechanische Erklärung im Sinne einer kinetischen Theorie liefert. Hätte NEWTON eine solche wirklich beabsichtigt, so hätte er ein Bewegungsgesetz angeben müssen, nach welchem die Ätherteilchen bei ihrer Berührung so aufeinander wirken, dafs sie die Erscheinungen der Gravitation an den Körpern hervorbringen. Aber dies hat er nicht gethan, nicht einmal angedeutet. Die Gravitation sowie die übrigen Energievermittelungen hat er allerdings durch die Wirkung des Äthers ersetzt, aber nicht durch eine mechanische Wirkung, sondern ebenfalls durch eine dynamische, durch eine nicht weniger rätselhafte Eigenschaft als die Gravitation, nämlich die Elasticität. Der Äther ist elastisch, seine Elasticität aber beruht nicht wie bei HUYGENS auf der durch ein mechanisches Prinzip regulierten Agitation seiner Atome, sondern auf einer abstofsenden Kraft derselben. Er sagt, wenn man annimmt, dafs der Äther (wie es bei unsrer Luft der Fall ist) aus Teilchen bestehen könne, die sich voneinander zu entfernen streben, und welche viel kleiner sind als die Teile der Luft und auch des Lichts, so werde auch, eben bei dieser Kleinheit, die Kraft, mit welcher die Teile sich voneinander entfernen, entsprechend gröfser sein und dies Medium viel dünner und elastischer als die Luft; und folglich würde es der Bewegung der Körper viel weniger Widerstand leisten, aber auf dichte Körper durch das Bestreben, sich nach allen Seiten hin auszudehnen, viel mehr drücken.

Wenn man also selbst annehmen wollte, dafs NEWTON seine Ätherhypothese ernsthafter gemeint habe, als es den Anschein hat, so würde dies an dem Kern der Frage, wie NEWTON sich zur Theorie der Materie gestellt habe, gar nichts ändern. Die Gravitation als fernwirkende Kraft ist zwar geschwunden, aber die Centralkräfte sind geblieben, nur ist die Centripetalkraft ersetzt durch eine Centrifugalkraft, die attraktive durch eine repulsive. Ein Vorteil ist allerdings dadurch erreicht. Gelingt es, die Schwere auf die Elasticität zurückzu-

führen, so hat man nicht mehr nötig, eine Wirkung in beliebige Fernen anzunehmen, sondern nur Kräfte, die in der unmittelbaren Nähe wirken, und, was viel wichtiger ist, an Stelle der verschiedenen anziehenden und abstoſsenden Kräfte tritt eine einzige Repulsivkraft, die Elasticität der Ätheratome. Diese beruht auf repulsiven Kräften. Diese Kräfte aber, wenn sie auch nur auf die benachbarten Teilchen wirken, sind darum doch nicht weniger fernwirkend, die Atome des Äthers sind nicht kinetische, sondern dynamische, das heiſst, nicht in ihrer Bewegung liegt ihre Energie, sondern in einer Eigenschaft, die dem Atome auch abgesehen von seiner aktuellen Bewegung zukommt, und die in die Ferne durch den leeren Raum wirkt, ja eine Berührung überhaupt nicht gestattet.

Es nutzt daher nichts, darauf hinzuweisen, daſs Newton selbst an eine mechanische Erklärung der Schwere gedacht habe. Er hat nur daran gedacht, die Schwere auf die Elasticität des Äthers zurückzuführen, nun aber müſste wieder die Elasticität mechanisch erklärt werden. Wenn sie auf abstoſsenden Kräften der Ätheratome beruht, so liegt in diesen der Ursprung aller Erscheinungen. Und wenn sich Newton dagegen verwahrt, daſs er die Gravitation als eine wesentliche Eigenschaft der Materie erklärt habe, so kann er den Einwurf nicht zurückweisen, daſs er die abstoſsende Kraft als eine Eigenschaft der Ätherteilchen angenommen hat. Das Rätsel bleibt dasselbe, und beide Annahmen sind für die erkenntniskritische Prüfung ihrer Berechtigung gleichwertig. Es ist daher nicht zu leugnen, daſs Newton ein neues Prinzip in die Physik eingeführt hat, das der Centralkräfte. Wie er sich dieses Prinzip mit der Materie vereint dachte, ist eine zweite Frage, die noch zu erörtern ist. Zunächst wollen wir nachweisen, daſs er in der That allen Teilen der Materie Centralkräfte zugeschrieben hat.

3. Die Korpuskulartheorie und die Centralkräfte.

Der glänzende Erfolg, welchen das Gravitationsgesetz hatt
muſste bestechend wirken. Es war im Sinne Newtons kei
Hypothese, denn es war aus den beobachteten Erscheinung
aus den elliptischen Planetenbahnen, selbst abgeleitet; und

erwies sich an der Erfahrung vollkommen bestätigt durch die Übereinstimmung mit allen astronomischen Thatsachen, mit GALILEIS Fallgesetzen und den durch die PICARDsche Gradmessung festgestellten Dimensionen der Erde. NEWTON verfuhr durchaus in Konsequenz seiner „Regeln zur Erklärung der Natur", wenn er nunmehr allen Teilen der Materie die mit dem Quadrate der Entfernung abnehmende Anziehungskraft zuschrieb. Denn er bewies mathematisch, daſs einer Kugel eine derartige Kraft zukomme, wenn sie von allen ihren einzelnen Teilen gelte.[1] Sind nun diese Teilchen selbst Korpuskeln, so besitzen sie das, was wir Centralkräfte nennen. Immer mehr geht NEWTON dazu über, alle Erscheinungen, Kohäsion, Adhäsion, Kapillarität, die Ablenkungen des Lichts u. s. w. aus der anziehenden Kraft der Körperkorpuskeln zu erklären. Ja er geht hierin selbst bereits so weit, daſs er nicht bloſs das Wirkungsgesetz der Gravitation für die Teilchen der Materie annimmt, sondern auch an viel rascher abnehmende Anziehungskräfte denkt, auf welche sodann eine Sphäre der Repulsion folgt.

Alle diese Erwägungen sind zunächst aus rein mathematischen Untersuchungen hervorgegangen. Wie er die Wirkung centripetaler Kräfte diskutiert, so fragt er auch nach den mathematischen Gesetzen, welche beim Vorhandensein centrifugaler Kräfte gelten würden, und erörtert dieselben im 5. Abschnitt des zweiten Buches der *Principien*.[2] Er sieht sich dann um, ob die Natur ein Beispiel zu diesen Gesetzen in der Erfahrung liefere. Wenn er gefunden hat, daſs Teilchen, welche voneinander fliehen infolge von Kräften, die den Entfernungen der Mittelpunkte umgekehrt proportional sind, eine elastische Flüssigkeit bilden, deren Dichtigkeit der Zusammendrückung proportional ist, und umgekehrt, so liegt es sehr nahe zu schlieſsen, daſs die Korpuskeln der Gase diese Eigenschaft besitzen. Er will zwar dies der Physik überlassen: „Ob die elastischen Flüssigkeiten aus Teilchen bestehen, welche voneinander wechselseitig fliehen, ist eine Frage der Physik. Wir haben auf mathematische Weise die Eigenschaften von Flüssig-

[1] *Princ.* I, Abschn. 12. pr. 71. *Op.* II p. 220. WOLFERS S. 195.
[2] *Prop.* 23. *Op.* II p. 346 f. WOLFERS S. 292 f.

keiten hergeleitet, welche aus derartigen Teilchen bestehe um den Naturforschern (philosophis) eine Handhabe zu biete jene Frage zu behandeln."[1] Es ist kein Zweifel, dafs d Physiker — und Metaphysiker — NEWTON diese Frage d Mathematikers NEWTON in bejahendem Sinne entschieden ha

Dafs NEWTON wirklich die Existenz von Molekularkräft gelehrt hat, ist klar zu beweisen. Er sagt von den Teilch der Säuren, dafs sie dicker und deswegen weniger bewegli als die des Wassers sind, aber bedeutend feiner und desweg beweglicher als diejenigen der Erde.[2] Sie besitzen eine grof Attraktivkraft und in dieser Kraft besteht ihre Akt vität; durch diese lösen sie sowohl die Körper als reizen s die Sinnesorgane. Ihr Wesen hält die Mitte zwischen de Wasser und den Körpern und sie ziehen beide an. Durch ih Attraktivkraft haften sie fest an den Teilchen der Körper u heben und trennen letztere voneinander, wodurch sie die Körp auflösen. Durch ihre Anziehung, wodurch sie in die Körp hineinstürzen, bewegen sie die Flüssigkeiten und erzeug Wärme; einzelne Partikeln erschüttern sie so, dafs sie sie Luft verwandeln und Bläschen erzeugen (Fermentatio violent Sie vereinigen sich mit den Teilchen der Körper und d Wassers und bilden Salze.[3] Die Lösung beruht also dara dafs die Teilchen des Körpers von denen des Lösungsmitt stärker angezogen werden als von einander. Wasser kann nic zusammengedrückt werden, weil seine Teilchen sich schon b rühren; brächte man die Teilchen der Luft zur Berührung, s würde sie zu Stein erstarren; das folge aus *Prop.* XXIII l. *Princ. philos.*[4] Die Wärme besteht in der allseitigen Agitatio der Teilchen; die Teilchen eines Körpers sind überhaupt ni mals in Ruhe gegeneinander, daher ist kein Körper absol

[1] *Op.* II p. 348. WOLFERS S. 294.

[2] Dies und das Folgende: *De natura acidorum. Op.* IV p. 397—399.

[3] A. a. O. „Und wie der Erdkörper durch die Schwerkraft, indem er d Wasser stärker als die leichteren Körper anzieht, bewirkt, dafs diese in Wass aufsteigen und die Erde fliehen, so fliehen sich die Salzteilchen, indem sie d Wasser anziehen, gegenseitig und weichen voneinander möglichst weit zurü wodurch sie sich durch das ganze Wasser ausbreiten."

[4] Weil nämlich dann die Dichtigkeit unendlich grofs werden wür S. Anm. 2. S. 565.

kalt, ausgenommen die Atome, deren Teile keine gegenseitige Verschiebung mehr zulassen.[1]

Von besonderem Interesse sind NEWTONs Erörterungen in einigen von den schon früher erwähnten der Optik angehängten Fragen, von denen die 31. speciell den „elektiven Attraktionen" gewidmet ist.[2] Er zieht in Erwägung, ob nicht die kleinen Teile der Körper gewisse Fähigkeiten, Vermögen oder Kräfte (powers, virtues or forces) haben, in die Ferne zu wirken, nicht nur auf die Strahlen des Lichtes, sondern auch aufeinander, um so die meisten Erscheinungen der Natur hervorzubringen.

Es sei ja hinreichend bekannt, daſs die Körper aufeinander durch die Attraktion der Schwere sowie des Magnetismus und der Elektricität wirken. Und gerade in diesen Beispielen zeige sich die Ordnung und das Verhalten der Natur, so daſs sie es sehr wahrscheinlich machen, daſs es auch noch andre anziehende Kräfte geben könne. Denn die Natur sei in sich durchaus gleichartig und übereinstimmend. „Was diese Attraktionen verursachen mag, betrachte ich hier nicht. Was ich Attraktion nenne, kann vielleicht durch einen Impuls[3] oder auf eine andre mir unbekannte Weise verursacht werden. Ich gebrauche dieses Wort hier nur zur allgemeinen Bezeichnung einer Kraft, durch welche die Körper wechselseitig zu einander streben, was auch die Ursache davon sei." Wir müssen uns nämlich zunächst aus den Naturerscheinungen belehren, welche Körper sich gegenseitig anziehen und welches die Gesetze und Eigenschaften dieser Anziehung seien, ehe wir untersuchen dürfen, worauf diese Anziehung beruhe. Die Anziehungen der Schwere, des Magnetismus und der Elektricität wirken auf beträchtliche Entfernungen und sind daher auch zur vulgären Wahrnehmung gelangt. Aber es ist möglich, daſs es auch noch einige andre

---

[1] *Op.* IV p. 398: Calor est agitatio partium quaquaversum. Nihil est absolute quiescens secundum partes suas et ideo frigidum, praeter atomos, vacui scilicet expertes.

[2] *Optics.* Erste Auflage London 1704. *Op.* T. IV, Queries p. 216 ff. Qu. 31 p. 242 ff.

[3] Hier fügt CLARKE bei seinem Citat ein: impulsu — „non utique corporeo" —. S. CLARKE, *Novae animadversiones, ex illustrissimi Newtoni Philosophia maximam partem haustae,* in J. ROHAULTI *Physica,* Lugd. Batavorum 1729. p. 573.

gibt, welche sich in so engen Grenzen halten, daſs sie sich bisher der Beobachtung entzogen haben.[1]

Die Teilchen aller harten homogenen Körper, welche sich untereinander vollkommen berühren, hängen mit groſser Kraft aneinander. Um dies zu erklären, haben einige hakenförmige Atome erfunden, wodurch sie nur die Frage umgehen; andre nehmen an, daſs die Körperteilchen durch die Ruhe aneinander haften, das heiſst durch eine verborgene Eigenschaft oder vielmehr durch nichts; andre endlich durch eine übereinstimmende Bewegung, d. h. durch relative Ruhe.[2] „Ich möchte aus dem Zusammenhang der Körper lieber schliefsen, dafs die Teilchen derselben sich sämtlich gegenseitig mit einer Kraft anziehen, welche in der unmittelbaren Berührung selbst sehr grofs ist, in kleiner Entfernung die chemischen Wirkungen zur Folge hat, auf weitere Distanzen jedoch keine merklichen Wirkungen ausübt.[3]

Alle Körper scheinen aus harten Teilchen zusammengesetzt, sonst würden die Flüssigkeiten nicht gefrieren. Auch die Lichtstrahlen betrachtet NEWTON als aus harten Körperchen bestehend, weil sich sonst nicht ihr verschiedenes Verhalten nach verschiedenen Seiten erklären lieſse. Er erwähnt daher auch hier, daſs die Härte ebenso wie die Undurchdringlichkeit als eine allgemeine Eigenschaft der Materie anzusehen sei. Die harten Körper bestehen aus kleinen, äuſserst harten Partikeln, welche aneinander gelagert sind und verborgene Gänge zwischen sich lassen, weil sie sich nur in sehr wenigen Punkten berühren können; daſs sie aber trotz dieser geringen Berührungsflächen so fest zusammenzuhalten vermögen, wie es die Erfahrung zeigt, das ist nur dann zu begreifen, wenn irgend eine Ursache da ist, welche bewirkt, daſs sie gegenseitig angezogen oder angedrückt werden.[4]

Es kann sein, daſs die kleinsten Teilchen der Materie mit der heftigsten Attraktion aneinander hängen und so gröſsere Partikeln mit geringerer Kraft bilden, und daſs wieder viele

---

[1] *Optics*, qu. 31. *Op.* IV p. 242, 243.

[2] Diese drei Ablehnungen richten sich gegen GASSENDI, DESCARTES und LEIBNIZ.

[3] A. a. O. *Op.* IV p. 251. — [4] A. a. O. p. 252.

von diesen noch gröfsere Teile in ihrem Zusammenhange bilden, deren anziehende Kraft noch geringer ist; und so weiter in einer kontinuierlichen Folge bis zu den gröfsten Partikeln hin, von denen die chemischen Wirkungen und die Farben der natürlichen Körper abhängen; diese erst bilden in ihrem gegenseitigen Zusammenhang die sinnlich wahrnehmbaren Körper.[1]

Wie in der Algebra, wo die positiven Gröfsen aufhören, die negativen anfangen, so mufs auch in der Mechanik da, wo die Attraktion verschwindet, eine repulsive Kraft folgen. Dafs es eine solche Kraft gibt, scheint sich aus der Reflexion und Inflexion der Lichtstrahlen zu ergeben; denn in beiden Fällen werden die Strahlen ohne unmittelbare Berührung der Körper zurückgestofsen. Dasselbe darf man aus der ungeheuren Geschwindigkeit schliefsen, mit welcher die Strahlen von dem leuchtenden Körper fortgeschleudert werden, nachdem sie durch die Vibration seiner Teile herausgestofsen und aus seinem Anziehungsgebiet ausgetreten sind. Dieselbe Kraft, welche die Reflexion des Strahles bewirkt, dürfte zugleich hinreichen, um ihn herauszuschleudern. Auch aus der Verdampfung und der dabei auftretenden starken Ausdehnung folgert Newton eine abstofsende Kraft.[2]

Unter diesen Annahmen, so erklärt Newton, wäre die ganze Natur in Übereinstimmung mit sich selbst und aufserordentlich einfach. Die grofsen Bewegungen der Himmelskörper werden durch die Attraktion der Schwere bewirkt, die kleinen Bewegungen ihrer Teile fast sämtlich durch andre attraktive und repulsive Kräfte, welche zwischen den Teilchen herrschen. Er glaubt in der That, ein derartiges Prinzip annehmen zu müssen, weil ohne ein solches überhaupt keine Bewegung in der Welt entstehen könnte. Die Trägheitskraft ist nur ein passives Prinzip, vermöge dessen die Körper Bewegung in sich aufnehmen und ihr Widerstand leisten. Es bedarf aber durchaus eines andren Prinzips, um die Körper in Bewegung zu versetzen und sie darin zu erhalten. Die Quantität der Bewegung kann sich sonst nicht in der Welt erhalten, die Zähigkeit der flüssigen Körper und die Reibung absorbieren fortwährend Bewegung; vollkommen

[1] A. a. O. p. 256. — [2] A. a. O.

harte oder weiche Körper, welche keine elastische Kraft haben, müssen beim Zusammenstoſse Bewegung verlieren und unter Umständen ganz zur Ruhe kommen. Daher ist es notwendig, aktive Prinzipien vorauszusetzen, wie es einerseits die Ursache der Schwere ist, welche den Himmelskörpern und den fallenden Körpern ihre Bewegung erteilt, andrerseits die Ursache der Fermentation, welche Licht und Wärme und die organischen Thätigkeiten erzeugt.[1]

Gott hat daher die Materie wahrscheinlich so gebildet, daſs die ersten Teilchen derselben hart, undurchdringlich und beweglich waren, und nach Gröſse, Gestalt und Eigentümlichkeiten in solchem Verhältnis zum Raume, daſs sie ihrem Zwecke entsprachen. Im gewöhnlichen Lauf der Natur gibt es keine Kraft, durch welche sie verkleinert oder zerstört werden könnten. Soll die Natur der Dinge Bestand haben, so ist anzunehmen, daſs die Veränderungen aller Körper nur in den verschiedenen Trennungen, Verbindungen und Bewegungen dieser permanenten Partikeln bestehen. Diese Teilchen besitzen Trägheit und unterliegen den daraus folgenden Bewegungsgesetzen, sie erhalten fortwährend Bewegung von den aktiven Prinzipien der Schwere, der Ursache der Fermentation und der Kohärenz der Körper. „Diese Prinzipien betrachte ich nicht als verborgene Qualitäten, welche aus den spezifischen Formen der Dinge resultieren, sondern als allgemeine Gesetze der Natur, durch welche die Dinge selbst bedingt sind (formed).[2] Verborgene Qualitäten wären diese Prinzipien nur, wenn wir uns vorstellten, daſs sie aus unbekannten und ihrer Natur nach unerkennbaren und unerklärlichen Eigenschaften beständen. Solche Qualitäten sind zu verwerfen; aber NEWTON denkt seine Prinzipien in der Natur nachgewiesen zu haben. „Aus den Erscheinungen der Natur zwei oder drei allgemeine Prinzipien der Bewegung ableiten und dann erklären, wie die eigentümlichen Beschaffenheiten und Thätigkeiten aller körperlichen Dinge aus diesen offenbaren Prinzipien folgen, das wäre in Wahrheit ein bedeutender Fortschritt in der Philosophie, wenngleich die Ursachen jener Prinzipien noch nicht entdeckt

[1] A. a. O. p. 258, 259.
[2] A. a. O. p. 261.

sein sollten. Darum scheue ich mich nicht, die obigen Prinzipien der Bewegung aufzustellen, da sie von ganz allgemeiner Giltigkeit sind, und lasse die Aufdeckung ihrer Ursachen noch offen."[1]

4. Die Centralkräfte als metaphysisches Prinzip.

Wer die Geschichte der dynamischen Atomistik schreiben wollte, müfste genauer untersuchen, inwieweit NEWTON diese Prinzipien selbst bereits zur Erklärung der Naturerscheinungen angewandt hat und in welcher Weise die dynamische Theorie der Materie an sie anknüpfte.[2] Für uns, die wir die Ansichten NEWTONS nur soweit in Betracht ziehen, als sie den Abfall von der kinetischen Korpuskulartheorie beweisen, genügt das Obige, um zu konstatieren, dafs NEWTON zwar das harte Korpuskel als die allgemeine Grundlage der Körperwelt durchaus anerkennt, dafs er aber eines neuen Prinzips zur Erklärung der Naturerscheinungen zu bedürfen überzeugt ist. Dieses Prinzip sind die fernwirkenden Kräfte, sowohl die der allgemeinen Gravitation, als die der molekularen Wirkungen. Letztere sollen nur auf geringe Entfernungen wirken und dann sogar in abstofsende übergehen. Die Gestalt der Korpuskeln, namentlich ihre Gröfse, ist zwar zu einzelnen Erklärungen noch zugezogen, sie verschwindet aber wesentlich gegenüber den verschiedenartigen attraktiven und repulsiven Kräften, welche den Korpuskeln zukommen und welche durch ihre verschiedenartige Wechselwirkung das unterscheidende Merkmal der Teilchen der verschiedenen Körperarten bilden. Die fernwirkenden Kräfte gehören bei NEWTON zum Wesen der Körperpartikeln; sie sind das aktive Prinzip der Natur. Über diese Thatsache kann kein Streit sein. Es fragt sich nur, welches NEWTONS eigene Auffassung der Bedeutung dieser Kräfte war.

---

[1] A. a. O. p. 261.

[2] Von seinen Nachfolgern in der Chemie sei hier nur STEPHEN HALES erwähnt (1677—1761), der in seiner *Vegetable staticks* etc. (1727) unmittelbar an NEWTON anknüpft.

Man ist jetzt vielfach der Ansicht,[1] daſs Newton die fernwirkenden Centralkräfte nur als mathematische Hilfsgröſsen betrachtet und eine mechanische Erklärung derselben für möglich gehalten habe, und daſs erst Roger Cotes durch seine Vorrede zur zweiten Auflage der *Mathematischen Prinzipien* die Gravitation zu einer Grundkraft, d. h. zu einer „einfachsten" Ursache, welche keiner mechanischen Erklärung mehr bedarf, erhoben habe. Man muſs jedoch hier zwischen der Gravitation als physischer Kraft, welche eine groſse Gruppe von Erscheinungen zusammenzufassen gestattet, und dem aktiven Bewegungsprinzip der Materie als solchem unterscheiden. Für erstere hat allerdings Newton die Entscheidung offen gelassen, daſs er aber die letzte Ursache aller Bewegung in der Materie für keine mechanische ansah, darüber scheint uns kein Zweifel bestehen zu können. Nur hatte der Mathematiker darüber nicht zu entscheiden. Wir haben oben gezeigt, daſs sein Versuch einer mechanischen Erklärung der Schwere durch die Elasticität des Äthers darauf hinauskommt, daſs die Atome des Äthers das Bestreben haben, sich gegenseitig zu entfernen. Dieses Bestreben wäre demnach das Äuſserste, was sich von der Wirkungsweise der Materie sagen läſst; und da Newton nicht daran denkt, dasselbe wieder auf den Stoſs eines feineren Äthers oder auf ein allgemeines Bewegungsgesetz zurückzuführen, so ist klar, daſs er hier abstoſsende Kräfte als die letzte Ursache der Bewegung angesehen hat. Nur so erklärt es sich, daſs Newton mitunter sagt, für „Anziehung" sei vielleicht richtiger zu setzen „Impuls"; er gebrauche den Ausdruck nur im mathematischen Sinne, um das Gesetz der Bewegung zu bezeichnen.[2] Dies konnte er innerhalb der mathematischen Physik thun, und er betont ja auch immer, daſs er sich in diesen Grenzen halte, indem er die Ursache der Fernwirkung unerörtert lasse. Die Schwere konnte noch weiter zurückgeschoben werden, die Kraft überhaupt nicht. Man muſs aber ferner unterscheiden zwischen dem Mathematiker Newton und dem Metaphysiker. In letzterer Hinsicht konnte es ihm nicht mehr

[1] Wohl im Anschluſs an Langes *Geschichte des Materialismus* vgl. 2. Aufl. I S. 264 f.

[2] Vgl. *Princ.* L. I. Sect. XI. *Op.* I p. 191 u. p. 218, 219.

gleichgiltig sein, ob die Bewegungen der Körper auf rein mechanischen Ursachen oder auf einem nicht materiellen Antriebe beruhen. Wo Newton nicht als Vertreter der mathematischen Physik spricht, sondern wo er seine individuelle Überzeugung als Mensch und als Naturphilosoph darlegt, da finden wir ihn in entschiedenem Gegensatze zu einer Naturerklärung, welche nur mechanische Ursachen annimmt. Die mathematische Physik führt die Naturerscheinungen bis zu den Centralkräften, allenfalls auch diese bis auf die repulsive Kraft der Ätheratome, die immerhin Centralkräfte bleiben; die Centralkräfte aber führen Newton über die mathematische Physik hinaus in die Metaphysik.

Nur so wird es verständlich, daſs Newton die zweite Auflage seines Hauptwerks mit einer Vorrede in die Welt hinausgehen lassen konnte, welche seinen eigenen Äuſserungen in dem Buche selbst zu widersprechen scheint. Aber Cotes sprach eben ausdrücklich im metaphysischen Interesse und durfte daher das ausdrücken, was der Mathematiker als auſserhalb seiner Entscheidung liegend abzuweisen hatte. Wir sehen jedoch, daſs Cotes die Meinung des Meisters traf, wenn wir solche Stellen aufsuchen, in denen Newton seine mathematische Neutralität fallen läſst und seiner persönlichen Überzeugung Ausdruck gibt. Derartige Stellen finden sich in den Briefen an Bentley und in den *Prinzipien* am Ende des dritten Buches.[1]

---

[1] *Op.* III p. 173, 174. Wolfers S. 511. Newton sagt: „Ich habe bisher die Erscheinungen der Himmelskörper und unsres Meeres durch die Kraft der Schwere erklärt, aber die Ursache der Schwerkraft habe ich noch nicht angegeben. Diese Kraft rührt von irgend einer Ursache her, welche bis zu den Mittelpunkten der Sonne und der Planeten dringt, ohne etwas von ihrer Wirksamkeit zu verlieren. Sie wirkt nicht nach der Gröſse der Oberfläche derjenigen Teilchen, worauf sie einwirkt (wie gewöhnlich die mechanischen Ursachen), sondern nach der Quantität der körperlichen Materie. . . . Den Grund dieser Eigenschaften der Schwere habe ich noch nicht aus den Erscheinungen ableiten können, und Hypothesen erdenke ich nicht . . . . sie haben keine Stätte in der Experimentalphysik . . . . Es würde hier der Ort sein, etwas über einen gewissen *Spiritus* hinzuzufügen, welcher alle festen Körper durchdringt und in ihnen verborgen ist. Durch die Kraft und Thätigkeit dieses *Spiritus* ziehen sich die Teilchen wechselseitig bis auf die kleinsten Entfernungen an und haften aneinander, wenn sie sich berühren. Durch sie wirken die elektrischen Körper auf gröſsere Entfernungen, sowohl um die

Was daselbst vom *Spiritus* gesagt wird, deckt sich genau mit dem, was NEWTON in den Fragen im Anhange der *Optik* vom Äther aussprach, und was er weiterhin als das aktive Prinzip in der Natur bezeichnete und der Wirkung der Centralkräfte zuschrieb. Da, wie wir sahen, auch die Wirkung des Äthers im letzten Grunde auf der Abstofsung seiner Teilchen beruht, so zeigt sich die ganze Naturauffassung NEWTONS vollständig konform. Der *Spiritus* ist das aktive Prinzip, durch welches die träge Materie Bewegung erhält; *Spiritus* ist der metaphysische Ausdruck; physikalisch gefafst erscheint derselbe als Elasticität des Äthers, mathematisch als konstante Centralkräfte der Teilchen. Die mathematische Physik enthält sich des Urteils über den Ursprung dieser Kräfte. Wie aber aus den Äufserungen NEWTONS hervorgeht, sind sie von der Materie (welche nur träg ist) ebensowohl wie von den mechanischen Ursachen verschieden. Die Materie kann nicht wirken; es mufs etwas andres zu ihr hinzukommen, heifse es nun Spiritus oder Kraft. Die Trennung von Materie und Kraft ist vollzogen. Die gesamte Arbeit der mechanischen Naturauffassung ist aufgehoben, ein Äufseres, was der Materie als solcher nicht angehört, mufs zu ihr hinzutreten, um das Naturgeschehen zu ermöglichen.

Jetzt sehen wir, warum NEWTON behaupten durfte, er halte die Schwere nicht für eine wesentliche Eigenschaft der Materie, obwohl er erklärt hatte, dafs für sie viel strenger als für die Undurchdringlichkeit bewiesen sei, dafs sie eine allgemeine Eigenschaft der Materie sei.[1] Der Ton liegt auf der Materie. Die Trägheit ist ein *vis insita*, nicht die Schwere. NEWTON nimmt an, Ausdehnung, Härte, Undurchdringlichkeit,

benachbarten Körperchen anzuziehen, als auch um sie abzustofsen. Mittels dieses *Spiritus* strömt das Licht aus, wird zurückgeworfen, gebeugt, gebrochen und erwärmt die Körper. Sämtliche Sinnesthätigkeiten werden erregt und die Glieder der Tiere nach Belieben bewegt, nämlich durch die Vibrationen dieses *Spiritus*, welche sich von den äufsern Organen der Sinne mittels der festen Fäden der Nerven bis zum Gehirn und hierauf von diesem bis zu den Muskeln fortpflanzen. Diese Dinge lassen sich aber nicht mit wenigen Worten erklären, und man besitzt noch keine hinreichende Anzahl von Versuchen, um genau die Gesetze bestimmen und beweisen zu können, nach welcher dieser *Spiritus* wirkt."

[1] *Op.* III p. 4. WOLFERS S. 381.

Beweglichkeit und Trägheit definierten die Materie bereits; aber dies alles sind passive Eigenschaften; die Bewegung kommt hinzu als ein aktives, nicht der Materie angehöriges und ihr nicht wesentliches Prinzip. So ist die Kraft als immateriell von der Materie geschieden, sie mufs ihr äufserlich übertragen werden. Die Ursache der Bewegung ist hypostasiert in der Form der Centralkraft als ein äufseres aktives Prinzip. Um sie an die Materie zu binden, gibt es nur ein Mittel, den Willen Gottes.

Und jetzt sehen wir auch, warum NEWTON nichts dagegen hatte, dafs COTES die Schwere als eine „einfachste" Ursache erklärte, für welche keine mechanische Erklärung mehr gegeben werden könne.[1] COTES gebraucht nur den Ausdruck „Schwere" statt des allgemeineren, den NEWTON dafür gesetzt haben würde, das „aktive Prinzip der Centralkräfte". Dieses kann keine wesentliche Eigenschaft der Materie sein — was auch COTES nicht behauptet —, weil es über der Materie steht, und eben darum kann es auch keine weitere mechanische Ursache haben. Dafs man die Attraktion in einem so allgemeinem Sinne nehmen könne, dafs man darunter jede Kraft versteht, durch welche räumlich getrennte Körper bestrebt sind, sich zu vereinigen ohne mechanischen Impuls, erkennt NEWTON an.[2] NEWTON schliefst weiter, es sei unbegreiflich, dafs unbeseelte rohe Materie ohne die Vermittelung von irgend etwas, das nicht materiell ist, aufeinander wirken und andre Materie ohne gegenseitige Berührung affizieren sollte; und das müfste der Fall sein, wenn Schwere im Sinne von EPIKUR eine wesentliche und inhärente Eigenschaft der Materie wäre. Deshalb wünscht er, dafs man ihm nicht die Ansicht von einer ursprünglichen Schwere zuschreibe. Dafs Schwere eine ursprüngliche, inhärente und wesentliche Eigenschaft der Materie sein sollte, so dafs ein Körper auf einen andren in der Entfernung durch ein Vacuum ohne anderweitige Vermittelung wirke, ohne etwas, wodurch seine Wirkung und Kraft übertragen werde, das erscheint NEWTON als eine so grofse Absurdität, dafs er glaubt, niemand, der in philosophischen Dingen ein kompetentes Urteil

[1] *Op.* II p. XIX.

[2] *Letter III to* Dr. BENTLEY, 25. Febr. 1692/3. *Op.* IV p. 4[illegible]

habe, könne darauf verfallen. Schwere müsse durch ein Agens verursacht sein, das beständig nach gewissen Gesetzen wirkt: ob aber dieses Agens materiell oder immateriell sei, habe er dem Urteil seiner Leser überlassen.[1]

Man hat daraus schliefsen wollen, dafs Newton eine mechanische Ursache der Schwere anerkannt habe. Wir haben aber oben gezeigt, dafs er eine solche nicht aufweist, sondern selbst, wenn man die Ätherhypothese aufrecht erhält, zuletzt auf die Fernkräfte als aktives, nicht mechanisches und nicht materielles Prinzip zurückkommt. Die Kraft ist kein materielles Agens, also konnte „der Leser" nur den Schlufs ziehen, dafs sie etwas Immaterielles sei. Wenn Newton die materielle Fernwirkung als eine unbegreifliche Absurdität erklärt, so sollte man daraus allerdings schliefsen dürfen, dafs er die Fernwirkung überhaupt leugnen müsse. Alle, die auf dem Boden der mechanischen Naturauffassung und einer erkenntniskritisch begründeten Physik stehen, müssen so schliefsen, und wir sehen bei Huygens, wie er an der Fernwirkung Anstofs nimmt. Newton aber hat diesen im 17. Jahrhundert glücklich erreichten festen Boden wieder verloren. Er schliefst nicht aus der Unbegreiflichkeit einer Fernwirkung der Materie auf die Nichtexistenz der Fernwirkung; sondern weil ihm die Fernwirkung als mathematisch und empirisch bewiesen gilt, schliefst er aus der Existenz des Gravitationsgesetzes, dafs es nicht die Materie sei, welcher die Fähigkeit zur Bewegungsänderung inhäriere, sondern dafs ein immaterielles Prinzip zur

[1] A. a. O. p. 438. It is inconceivable, that inanimate brute matter should, without the mediation of something else, which is not material, operate upon, and affect other matter without mutual contact; as it must do, if gravitation, in the sense of Epicurus, be essential and inherent in it. And this is one reason, why I desired you would not ascribe innate gravity to me. That gravity should be innate, inherent and essential to matter, so that one body may act upon another at a distance through a vacuum, without the mediation of any thing else, by and through which their action and force may be conveyed from one to another, is to me so great an absurdity, that I believe no man who has in philosophical matters a competent faculty of thinking, can ever fall into it. Gravity must be caused by an agent acting constantly according to certain laws; but whether this agent be material or immaterial, I have left to the consideration of my readers.

Materie hinzutrete.[1] Die Einheit der Natur wird in zwei Teile zerrissen, die träge Materie und die wirkende Kraft, das passive und aktive Prinzip, und die mathematische Physik mufs dazu dienen, die Gefühle des Leidens und des Handelns scheinbar zu objektivieren. NEWTON war sich wohl bewufst, dafs diese Betrachtung nicht in die mathematische Physik gehöre; daher seine vorsichtige Ausdrucksweise; aber er hatte diesen Schlufs selbst gezogen und er liefs es zu, dafs seine Freunde und Schüler ihn triumphierend der Welt verkündeten, ja er billigte es und freute sich darüber. So läfst er in COTES' Vorrede die Schwere als mechanisch nicht weiter erklärbar passieren, und so schreibt er an BENTLEY, er habe in seinem Werke über das Weltsystem sein Augenmerk auf solche Prinzipien gerichtet, welche bei denkenden Menschen den Glauben an ein göttliches Wesen bewirken möchten, und es könne ihm nichts gröfsere Freude bereiten, als diesen Erfolg eintreten zu sehen.[2]

Die NEWTONsche Entdeckung, dafs die mathematische Physik auf ein immaterielles Agens als notwendige Voraussetzung des Weltgeschehens hinweise, kam denn allen recht, welche in Hinsicht auf den cartesischen und gassendischen Mechanismus theologische Befürchtungen hegten. BENTLEY zog den Schlufs, den NEWTON billigte, in den Reden, welche er infolge der BOYLEschen Stiftung zum Beweise des Daseins Gottes hielt. Er sagte, die Attraktion wirkt durch den leeren Raum ohne jede Vermittelung; es ist unmöglich, dafs Materie dies vermag; jene Kraft aber wirkt von Materie zu Materie; folglich kann sie nur durch ein göttliches Wesen der Materie eingepflanzt sein. „Das ist ein direkter und positiver Beweis, dafs ein immaterieller lebender

[1] Hier hat ZÖLLNER sein mystischer Instinkt beim Verständnis NEWTONS zum Teil richtig geleitet, wie er ihn freilich auch zu völlig absurdem und verworrenem Mystizismus hingeführt hat, indem er ihn auf der unzulässigen Verquickung von Mechanismus und Psychismus weiterbauen liefs. Vgl. ZÖLLNER, *Prinzip. d. elektrodyn. Theorie* etc. Leipz. 1876. Natürlich ist es NEWTON nicht eingefallen, sich die Materie beseelt zu denken oder das aktive Prinzip der Bewegung mit Bewufstsein zu versehen; er folgerte nur, dafs dieses Prinzip durch einen bewufsten Schöpfer der Materie hinzugefügt worden sein müsse. Vgl. auch ISENKRAHE, *Schwerkraft*, S. 11 f. u. 15.

[2] *Letter to* Dr. BENTLEY I. 10. Dec. 1692. *Op.* IV p. 429.

Geist die tote Materie lenkt und beeinflufst und das Weltgebäude erhält."[1]

NEWTONS Schüler haben nur den von NEWTON gehegten Gedanken von der Immaterialität der Schwerwirkung offener ausgesprochen. Wir finden denselben Gedankengang bei CLARKE, welcher dem NEWTONschen System dadurch Eingang in den Schulen zu verschaffen wufste, dafs er das allgemein zu Grunde gelegte Lehrbuch ROHAULTS neu herausgab und mit Anmerkungen im Sinne NEWTONS versah.[2] Hier hebt er überall den Begriff der Attraktion hervor und betont namentlich, dafs es sich bei Attraktion wie bei Impuls nicht um eine materielle Ursache handle.[3] Er sagt: „Da andre unzählige Erscheinungen der Natur und namentlich die Gravitation auf keine Weise aus dem gegenseitigen Impuls der Körper entstehen können, weil jeder Impuls im Verhältnis der Oberfläche, die Schwere aber im Verhältnis der Masse wirkt, und daher einer Ursache zuzuschreiben ist, welche die innere Substanz der soliden Materie selbst durchdringt, so mufs überhaupt eine solche Attraktion zugelassen werden, welche nicht eine *Actio in distans* der Materie ist, sondern eine *Actio* einer gewissen immateriellen Ursache, welche die Materie immer nach bestimmten Gesetzen bewegt und regiert."[4] Diese Kraft ist universell für alle Orte, alle Körper und alle Zeit.[5]

Wir dürfen demnach behaupten, dafs es NEWTON war, welcher das dynamische Atom geschaffen hat, indem er den Begriff der Centralkraft entdeckte und an das Korpuskel band. Er hat damit die gesamte Grundlage der kinetischen Atomistik untergraben.

Man hat ihm schon zu seiner Zeit wie auch in der Gegenwart vorgeworfen, er habe mit der Attraktion wieder den scholastischen Begriff der *qualitates occultae* eingeführt. Dieser Vorwurf ist nicht gerechtfertigt, und der energische Widerspruch, mit welchem NEWTON und seine Anhänger sich dagegen verwahren, ist begründet. Das Verwerfliche der verborgenen Qualitäten besteht darin, dafs sie für jede Einzelerscheinung

---

[1] BENTLEYS *Works* ed. ALEX. DYCE. London 1838. Vol. III. p. 164. ZÖLLNER a. a. O. p. 392.

[2] S. II S. 410. — [3] Vgl. II S. 567, Anm. 3.

[4] ROHAULTI *Physica* etc. p. 573. — [5] A. a. O. p. 352.

eine einzelne Ursache, eben die *qualitas occulta*, angeben. Die Attraktion dagegen ist ein allgemeines Erklärungsprinzip, welches nicht bloſs für groſse Gruppen von Erscheinungen gilt, sondern sogar solche Phänomene, die man vorher als gänzlich verschiedene ansehen muſste, wie den Fall eines Steines und die Bewegung eines Planeten, unter einen Begriff zu bringen gestattet. Sie ist daher ein berechtigtes Erklärungsprinzip und sie hat diese Berechtigung im Gange der Wissenschaft bewährt, indem sie die mathematische Darstellung der Erscheinungen ermöglichte. Aber dies gilt nur von der Attraktion, indem man damit — wie es auch NEWTON als Mathematiker allein wollte — ein allgemeines Gesetz zur mathematischen Darstellung der Bewegungen bezeichnet. Indem jedoch NEWTON diese Grenze selbst überschritt und eine metaphysische Folgerung zog, daſs nämlich die Materie eines immateriellen Agens bedürfe, verlieſs er das erlaubte Gebiet der Anwendung jenes Bewegungsgesetzes und setzte sich der Kritik der Erkenntnistheorie aus.

Was MORE mit seinem hylarchischen Prinzip, dem ausgedehnten aber doch immateriellen Spiritus, erstrebte, was CUDWORTH mit seinen plastischen Naturen bezweckte, die Rettung der Naturphilosophie vor dem scheinbar drohenden Materialismus und Atheismus, das suchte NEWTON in der Immaterialität der Kraft. Das Gefühl sträubt sich gegen die mechanische Naturauffassung. Da entdeckt das Genie des Physikers ein mathematisches Gesetz, welches die gesamte Natur zu beherrschen scheint, das Gesetz der fernwirkenden Kräfte. Aber die Herrschaft des Sensualismus und der dogmatische Standpunkt läſst nicht zu, in diesem Gesetze eine konstitutive Bedingung des Bewuſstseins zur Möglichkeit der Natur zu sehen, sondern dasselbe wird im Raum an eine immaterielle Substanz göttlichen Urprungs geknüpft. Hier fand die kirchliche Orthodoxie und die Neigung zum Mystizismus, welche in NEWTONS Geiste gleich stark vertreten waren, den gesuchten Ausweg. Der gepriesene Empirismus, die naturwissenschaftliche Erfahrung, entschied ja sichtlich für eine auf dynamische Prinzipien gegründete Weltordnung, deren Gesetze nicht im Mechanismus der Atome, sondern nur in einem geistigen Agens wurzelten. So überwand das Zusammentreffen

jener Eigenschaften in NEWTON die Fundamente wissenschaftlicher Naturphilosophie, indem er in die Physik wieder metaphysische Prinzipien hineintrug, deren glückliche Beseitigung eben begonnen hatte. Das mathematische Gesetz wird unter dem Namen der Fernkraft versinnbildlicht und anthropomorphisiert.

Das materielle Korpuskel verliert seine Realität, und alle Realität flüchtet sich in den Begriff des Attraktionscentrums. Hier trifft der dynamisch wirksame Raumpunkt zusammen mit der Idee des Einfachen zur punktuellen Substanz. Und so sehen wir den grofsen Physiker und Mathematiker NEWTON bei demselben Resultate anlangen, wie den grofsen Philosophen und Mathematiker LEIBNIZ — bei dem metaphysischen Punkte als der letzten Objektivierung alles Naturgeschehens.

Der tiefere Grund dieses metaphysischen Ausgangs der Physik im Beginn des 18. Jahrhunderts lag in dem Zustande der Philosophie, welche die Begründung der Natur durch die Gesetze des Verstandes nicht zu scheiden wufste von jener andren Erkenntnisquelle, aus welcher die Forderungen des Gemüts ihre berechtigten Ansprüche schöpfen. Diese Trennung und damit die Sicherung der Naturerkenntnis vollzog erst KANT. Er aber stand unter dem Einflusse der Physik seiner Zeit, in welcher NEWTON herrschte. Daher versuchte er, wiewohl ohne befriedigendes Resultat, die Protophysik auf die dynamische Fluiditätstheorie zu gründen, statt sich auf die Prinzipien von HUYGENS und die Bestrebungen von EULER zu stützen. Nachdem das 19. Jahrhundert uns die mathematischen Grundzüge einer Energetik geliefert, sind wir in der Lage, die erkenntniskritischen Gedanken KANTS durch haltbarere Prinzipien der Mechanik zu ergänzen. In welcher Weise diese Ergänzung und das Verhältnis von Physik und Erkenntniskritik sich denken liefse, haben wir am Schlufs des vierten Buches anzudeuten versucht. Die Zukunft wird entscheiden, inwiefern die hier aus der Untersuchung des thatsächlichen historischen Prozesses gezogenen Folgerungen durch die Schöpfung einer systematischen Protophysik zu bestätigen sind.

Anhang.



Verzeichnis

der unter abgekürzten Titeln citierten Werke.

Acta *Eruditorum publicata.* Lipsiae 1682 ff.

Annalen *der Physik und Chemie,* herausg. v. J. C. Poggendorff. Leipzig.

„ „ „ „ „ Neue Folge. Herausg. v. G. Wiedemann. Leipzig.

Apelt, E. F., *Die Reformation der Sternkunde.* Jena 1852.

Archiv *für Geschichte der Philosophie* in Gemeinschaft mit H. Diels, W. Dilthey, B. Erdmann u. Ed. Zeller, herausg. v. Ludwig Stein. Berlin.

Baltzer, *Spinozas Entwickelungsgang, besonders nach seinen Briefen geschildert* Kiel 1888.

Baumann, *Die Lehren von Raum, Zeit und Mathematik in der neueren Philosophie nach ihrem ganzen Einflufs dargestellt und beurtheilt.* Berlin I Bd. 1868. II. Bd. 1869.

Bayle, P., *Dictionnaire historique et critique.* 15. Ed. 1740.

Biographie *universelle ancienne et moderne.* Paris 1815.

Bouillier, *Francisque. Histoire de la philosophie Cartésienne.* 3. Ed. Paris 1868.

Brucker, Jac., *Historia critica philosophiae.* Lips. 1766.

Bretschneider, *Geometrie und Geometer vor Euklid.* Leipzig 1872.

Brewster, *Life of Newton,* London 1831. Deutsch v. Goldberg, Leipzig 1833.

Cantor, M., *Vorlesungen über Geschichte der Mathematik.* I. Leipzig 1880.

Carrière, M., *Die philosophische Weltanschauung der Reformationszeit.* 2. A. Leipzig 1887.

Caspari, Dr. O., *Leibniz' Philosophie beleuchtet vom Gesichtspunkt der physikalischen Grundbegriffe von Kraft und Stoff.* Leipzig 1870.

Cohen, Hermann, *Das Prinzip der Infinitesimalmethode.* Berlin 1883.

— *Kants Theorie der Erfahrung.* 2. A. Berlin 1885.

Damiron, *Essai sur l'histoire de la philosophie en France au XVIIe siècle.* Paris 1846.

Delitzsch, *Anecdota zur Geschichte der mittelalterlichen Scholastik unter Juden und Moslemen.* Leipzig 1841.

Dieterici, Friedr., *Die Philosophie der Araber im X. Jhdt. n. Chr.* Leipzig 1876 u. f.
Dilthey, W., *Einleitung in die Geisteswissenschaften.* I. Leipzig 1883.
Du Cange, *Glossarium mediae et infimae latinitatis* etc. Niort 1883—87.
Dühring, Dr. E., *Kritische Geschichte der allgemeinen Prinzipien der Mechanik.* 2. A. Leipzig 1877.
Dugat, *Histoire des philosophes et des théologiens muselmans.* Paris 1878.

v. Eicken, *Geschichte und System der mittelalterlichen Weltanschauung.* Stuttgart 1887.
Eucken, R., *Beiträge zur Geschichte der neueren Philosophie.* Heidelberg 1886.

Falckenberg, *Grundzüge der Philosophie des Nicolaus Cusanus.* Breslau 1880.
Fischer, Joh. Carl, *Geschichte der Physik seit der Wiederherstellung der Künste und Wissenschaften bis auf die neuesten Zeiten.* Göttingen 1801.
Fischer, Kuno, *Francis Bacon und seine Nachfolger. Entwickelungsgeschichte der Erfahrungsphilosophie.* 2. A. Leipzig 1875.
— *Geschichte der neuern Philosophie.* 3. A. München 1878 u. f.

Gerhardt, Dr. C. J., *Die Entdeckung der höheren Analysis.* Halle 1855.
Gmelin, Joh. Friedr., *Geschichte der Chemie seit dem Wiederaufleben der Wissenschaften bis an das Ende des 18. Jahrhunderts.* Göttingen 1797.
Goethe, *Materialien zur Geschichte der Farbenlehre.* Werke, herausg. von Goedecke. Stuttgart 1874. Bd. XV.
Günther, S., *Mathematik, Naturwissenschaft (Medizin) und wissenschaftliche Erdkunde im Altertum. Handbuch der klassischen Altertumswissenschaft.* V, 1. Nördlingen 1888.
— *Geschichte des mathematischen Unterrichts im deutschen Mittelalter bis zum Jahre 1525.* Berlin 1887. (Monum. Germ. Paed. III).
— *Studien zur Gesch. der math. u. phys. Geographie.* Halle 1879.

Haarbrücker, *Al-Schahrastanis Religionsparteien und Philosophenschulen.* Halle 1850.
Haeser, Heinrich, *Lehrbuch der Geschichte der Medizin und der epidemischen Krankheiten.* I. Jena 1875. II. Jena 1881.
Hankel, H., *Zur Geschichte der Mathematik im Altertum und Mittelalter.* Leipzig 1874.
Harms, s. Karsten, Harms etc.
Hauréau, B., *Histoire de la philosophie scolastique.* Paris, I. 1872. II. 1880.
Heller, August, *Geschichte der Physik von Aristoteles bis auf die neueste Zeit.* Stuttgart I. 1882, II. 1884.
Helm, Dr. Georg, *Die Lehre von der Energie historisch-kritisch entwickelt. Nebst Beiträgen zu einer allgemeinen Energetik.* Leipzig 1887.
Heumann, *Acta philosophorum.* Halle 1715.
Heussler, Dr. Hans, *Francis Bacon u. seine geschichtliche Stellung.* Breslau 1889.
— *Der Rationalismus des 17. Jhdts. in seinen Beziehungen zur Entwickelungslehre.* Breslau 1885.
Hoefer, Ferd. *Histoire de la Chimie.* 2. Ed. Paris 1866.

Jourdain, Amable. *Recherches critiques sur l'age et l'origine des traductions latines d'Aristote.* Nouv. édit. p. Charles Jourdain. Paris 1843.
— *Forschungen über Alter und Ursprung der lateinischen Übersetzungen des Aristoteles.* Deutsch von A. Stahr. Halle 1831.

Kaestner, A. G., *Geschichte der Mathematik.* Göttingen 1796—1800.
Karsten, Harms und Weyer, *Einleitung in die Physik.* Leipzig 1869.
Kaufmann, *Geschichte der Attributenlehre in d. jüd. Religionsphilosophie des Mittelalters von Saadja bis Maimûni.* Gotha 1877.
Koenig, Dr. Edmund, *Die Entwickelung des Kausalproblems von Cartesius bis Kant.* Leipzig 1888.
Kopp, Hermann, *Geschichte der Chemie.* Braunschweig 1843—47.
— *Die Entwickelung der Chemie in der neueren Zeit.* München 1873.
— *Beiträge zur Geschichte der Chemie.* Drittes Stück. Braunschweig 1875.
— *Die Alchemie in älterer und neuerer Zeit.* Heidelberg 1886.

Lange, Fr. Alb., *Geschichte des Materialismus und Kritik seiner Bedeutung in der Gegenwart.* 2. A. Iserlohn. I 1873. II. 1875.
Leclerc, *Histoire de la médecine arabe.* Paris 1876.
Libri, Guillaume, *Histoire des sciences mathématiques en Italie.* 2. Ed. Halle 1865.

Mach, Dr. Ernst, *Die Mechanik in ihrer Entwickelung histor.-kritisch dargestellt.* Leipzig 1883.
Meyer, Jürgen Bona, *Aristoteles' Thierkunde.* Berlin 1855.
Meyer, O. E., *Die kinetische Theorie der Gase. In elementarer Darstellung mit mathematischen Zusätzen.* Breslau 1877.
Millet, *Histoire de Descartes.* Paris I. 1867, II. 1870.
Montucla, J. F., *Histoire des Mathématiques.* Paris T. I, II an VII, T. III, IV p. de la Lande an X (1802).
Morhofii, *Polyhistor, literarius, philosophicus et practicus.* 4. Ed. Lubecae 1747.
Müller, Ferd. Aug., *Das Problem der Kontinuität.* Marburg 1886.
Munk, *Mélanges de philosophie juive et arabe.* Paris 1859.

Natorp, Dr. Paul, *Descartes' Erkenntnistheorie. Eine Studie zur Vorgeschichte des Kriticismus.* Marburg 1882.
Nesselmann, G. H. F., *Die Algebra der Griechen.* Berlin 1842.
(Nicéron), *Mémoires pour servir à l'histoire des hommes illustres dans la République des Lettres.* Paris 1727 ff.

Philosophical Transactions etc. of the Royal Society of London.
Philosophische Studien. Herausg. v. Wilhelm Wundt. Leipzig.
Planck, Max, *Das Prinzip der Erhaltung der Energie.* Leipzig 1887.
Poggendorff, J. C., *Biogr.-liter. Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften.* Leipzig 1863.
— *Geschichte der Physik.* Vorlesungen geh. a. d. Univ. z. Berlin. Lpz. 1879.
Pope-Blount, Thomas, *Censura celebriorum authorum.* Genev. 1696.

Prantl, *Geschichte der Logik im Abendlande.* Leipzig 1861.
Prowe, Leopold, *Nicolaus Coppernicus.* Berlin 1883.
Puschmann, *Geschichte des medizinischen Unterrichts v. d. ältesten Zeiten bis zur Gegenwart.* Leipzig 1889.

Reiman, Jac. Friedr., *Versuch einer Einleitung in die historiam literariam sowohl allg. als auch i. d. hist. lit. derer Teutschen.* Halle 1708—1713.
Renan, *Averroès et l'Averroïsme.* Paris 1861.
Ritter, Heinr., *Geschichte der Philosophie.* Hamburg 1844 u. f.
Rixner und Siber, *Leben und Lehrmeinungen berühmter Physiker etc.* 7 Hefte. Sulzbach 1820—29.
Rommelaere, W., *Études sur J. B. van Helmont. Mémoire couronnée par l'Académie royale de médecine de Belgique.* Bruxelles 1868.
Rosenberger, Dr. Ferd., *Die Geschichte der Physik in Grundzügen.* Braunschweig. I. 1882. II. 1884.

Schaller, Jul., *Geschichte der Naturphilosophie von Baco von Verulam bis auf unsre Zeit.* I. Leipzig 1841. II. Halle 1846.
Schmölders, *Essai sur les écoles philosophiques chez les Arabes.* Paris 1842.
Schultze, Fritz, *Philosophie der Naturwissenschaft.* Leipzig 1881.
Schuppe, W., *Erkenntnifstheoretische Logik.* Bonn 1878.
Sédillot, *Matériaux pour servir à l'histoire comparée des sciences mathématiques etc.* Paris 1845.
Sorel, *Von menschlicher Vollkommenheit,* übersetzt von Stubenberg. Nürnberg 1660.
Stein, L., *Die Psychologie der Stoa.* Berlin 1886.
Sturmii, Joh. Christophori etc., *Physica Electiva sive hypothetica.* Norimbergae. Tomus I. 1697. Tomus II. 1722.

Tait, *Die Eigenschaften der Materie.* Deutsch von Siebert. Wien 1888.
Tennemann, Wilh. Gottl., *Geschichte der Philosophie.* Leipzig 1814 u. f.
Thurot, Ch., *Recherches historiques sur le Principe d'Archimède. Revue archéologique,* Paris 1869. Année X. Vol. XIX.

Überweg-Heinze, *Grundrifs der Geschichte der Philosophie.* Berlin I., II. 7. A. 1886. III. 6. A. 1883.

Vierteljahrsschrift für wissenschaftliche Philosophie. Herausgegeben von R. Avenarius. Leipzig.

Whewell, W., *Geschichte der induktiven Wissenschaften.* Deutsch v. Littrow. Stuttgart 1841.
Windelband, W., *Die Geschichte der neueren Philosophie in ihrem Zusammenhange m. d. allg. Kultur u. d. besonderen Wissenschaften.* I Bd. Leipzig 1878.
Wohlwill, Dr. Emil, *Die Entdeckung des Beharrungsgesetzes.* Zeitschr. für Völkerpsychologie und Sprachwissenschaft, Bd. XIV, XV.
— *Joachim Jungius und die Erneuerung atomistischer Lehren im 17. Jahrhundert.* Ein Beitrag z. Geschichte der Naturwissenschaften in Hamburg. Hamburg 1887.

Wolf, Rudolf, *Geschichte der Astronomie*, München 1877.
Wüstenfeld, *Geschichte der arabischen Ärzte u. Naturforscher.* Göttingen 1840.
Wundt, W., *System der Philosophie.* Leipzig 1889.

Zeitschrift für Mathematik und Physik. Herausgegeben Dr. O. Schlömilch etc. Leipzig.
Zeller, Eduard, *Die Philosophie der Griechen in ihrer geschichtlichen Entwickelung dargestellt.* Leipzig. I. 4. A. 1876. II, 1. 3. A. 1875. II, 2. 3. A. 1879. III, 1. 3. A. 1880. III, 2. 3. A. 1881.
Zöckler, O., *Geschichte der Beziehungen zwischen Theologie und Naturwissenschaft.* Gütersloh. I. 1877. II. 1879.

Das Werk von Cl. Baeumker, *Das Problem der Materie in der griechischen Philosophie,* Münster 1890, erschien erst, als der erste Band bereits ausgegeben, der zweite größtenteils gedruckt war, und konnte daher leider nicht mehr benutzt werden.

Sachregister.

Namenregister.

(Für sehr häufig sich wiederholende Namen wurde eine Auswahl der Stellen getroffen. Alle hinter II. stehenden Zahlen beziehen sich auf die Seiten des 2. Bandes.)







